

BIDRAG TILL KÄNNEDOMEN OM

DE NÖDVÄNDIGA MINERALBASERNAS

(KALK, KALI, MAGNESIA)

FUNKTIONER I DE HÖGRE VÄXTERNA.

AKADEMISK AFHANDLING,

SOM MED VEDERBÖRLIGT TILLSTÅND FÖR ERHÅLLANDE AF FILOSOFISK DOKTORSGRAD

VID LUNDS UNIVERSITET TILL OFFENTLIG GRANSKNING FRAMSTÄLLES Å BOTANISKA

LÄROSALEN LÖRDAGEN DEN 27 MAJ 1899 KL. 10 F. M.

AF

ANTON ROMANUS, Hb.



LUND 1899

E. MALMSTRÖMS BOKTRYCKERI:

Föreliggande undersökningar äro utförda under åren 1895 och 1896 å Lunds botaniska institutions växtfysiologiska laboratorium. Till dåvarande ledaren af öfnin-
garne å detta laboratorium Herr Professorn Dr Bengt Jönsson vill jag härmed
frambära min tacksamhet för alla de råd och upplysningar, med hvilka han under
mitt arbete bistått mig.

Literaturförteckning.

(De talrika rent anatomiska undersökningar öfver de olika mineralbeståndsdelarnes förekomst och fördelning i växten, i hvilka författarne icke yttrat sig om dessa beståndsdelars fysiologiska betydelse, äro icke upptagna i denna förteckning.)

1. F. STOHMANN: Ueber einige Bedingungen der Vegetation der Pflanzen. *Annalen d. Chemie und Pharmacie*, Bd 121 (1862) s. 285.
2. W. KNOP: Quantitative Arbeiten über den Ernährungsprocess der Pflanzen. *Landwirthschaftl. Versuchsstationen*, Bd 5 (1863) s. 103.
3. W. WOLFF: *Ibidem*, Bd 6 (1864), s. 214, 215 och 218.
4. H. BIRNER und B. LUCANUS: Wasserculturversuche mit Hafer. *Ibidem*, Bd 8 (1866) s. 128.
5. HOLZNER: Ueber die physiologische Bedeutung des oxalsuren Kalkes. *Flora* 1867, s. 515.
6. ———: Nachtrag I und II. *Flora* 1868.
7. DEHÉRAIN: Recherches sur l'assimilation des substances minérales par les plantes. *Ann. des sciences nat.* 5:e série VIII, 1867, s. 145.
8. E. WOLFF: Bericht über die 1866 und 1867 ausgeführten Vegetationsversuche in wässriger Lösung der Nährstoffe. *Landw. Versuchsstationen* Bd 10 (1868) s. 349.
9. F. NOBBE, SCHROEDER und ERDMANN: Ueber die organische Leistung des Kalium in der Pflanze. *Ibidem*. Bd 13 (1871), s. 321.
10. J. BÖHM: Ueber den vegetabilischen Nährwerth der Kalksalze. *Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissenschaften in Wien*, Bd 71, April-Heft. 1875.
11. O. LOEW: Kann das Rubidium die physiologische Funktion des Kaliums in der Pflanzenzelle übernehmen? *Landw. Versuchsstat.* Bd 21 (1878) s. 389.
12. A. VON LIEBENBERG: Untersuchungen über die Rolle des Kalkes bei der Keimung von Samen. *Sitz. ber. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien*. Bd 84, October-Heft. 1881.
13. E. v. RAUMER und CH. KELLERMANN: Ueber die Function des Kalkes im Leben der Pflanze. *Landw. Versuchsstat.* Bd. 25 (1880) s. 25.
14. E. v. RAUMER: Kalk und Magnesia in der Pflanze. *Ibidem* Bd 29 (1883) s. 253.
15. H. DE VRIES: Ueber die Bedeutung der Kalkablagerungen in der Pflanze. *Landwirthschaftliche Jahrbücher* 1881, s. 53.
16. R. HORNBERGER: Chemische Untersuchungen über das Wachsthum der Maispflanze. *Ibidem* 1882.
17. ROBERT LÜPKE: Ueber die Bedeutung des Kaliums in der Pflanze. *Ibidem* 1888.
18. A. F. W. SCHIMPER: Ueber Kalkoxalatbildung in den Laubblättern. *Bot. Zeitung* 1888.
19. ———: Zur Frage der Assimilation der Mineralsalze durch die grüne Pflanze. *Flora* 1890, s. 207.
20. F. G. KOHL: Anatomisch-physiologische Untersuchung der Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze. *Marburg* 1889.
21. SESTINI: *Centralblatt für Agriculturchemie*, 1890 s. 490 och 1891, s. 558.
22. O. LOEW: Ueber die physiologischen Functionen der Calcium- und Magnesium-salze im Pflanzenorganismus. *Flora* 1892, s. 368.

23. O. LOEW: Ueber das Mineralstoffbedürfnisz von Pflanzencellen. Bot. Centralblatt, Bd 63 (1895), s. 161.
24. ———: Nachtrag über das Kalkbedürfnisz der Algen. Bot. Centralbl. Bd 64 (1895) s. 433.
25. ———: Bemerkung zur Giftwirkung oxalsaurer Salze. Ibidem, Bd 64 (1895), s. 434.
26. HORACE T. BROWN and G. H. MORRIS: A contribution to the chemistry and physiology of foliage-leaves. Annals of Botany 1893.
27. E. HASSELHOFF: Versuche über den Ersatz des Kalkes durch Strontian bei der Pflanzen-ernährung. Landw. Jahrbücher, Bd 22, 1893, s. 851.
28. PRIANISCHNIKOW: Zur Kentnisz der Keimungsvorgänge bei *Vicia sativa*. Landw. Versuchs-stat. Bd 45 (1894) s. 269.
29. W. BENECKE: Ein Beitrag zur mineralischen Nahrung der Pflanzen. Ber. d. deutschen bot. Gesellschaft 1894. Generalversamlungs-Heft. s. 105.
30. H. MOLISCH: Ueber die Ernährung der Algen. Bot. Centralbl. Bd 64 (1895) s. 110.
31. ———: Ueber die Ernährung der Algen. II. Süßwasseralgen. Ibidem Bd 68 (1896) s. 146.
32. BOKORNY: Ueber d. Einfluss des Calciums und Magnesiums auf der Ausbildung des Zell-organs. Ibidem Bd 62 (1895) s. 1.
33. PERCY GROOM: Preliminary note on the relation between Calcium and the conduction of carbohydrates in plants. Annals of Botany, March 1896.

Åtskilliga andra uppsatser, hvilka, utan att egentligen sysselsätta sig med det ämne, hvarom här är fråga, likväl innehålla uppgifter, som äro af vigt för detsamma, äro citerade inuti texten på de ställen, der de beröras.

Inledning.

Då det gälde att tilldöma de mineralbeståndsdelar, hvilka konstaterats vara nödvändiga för de högre växternas utveckling, deras respective roller i växtens fysiologiska processer, var man genast på det klara, hvad angick syrorna. Att de alla (salpetersyra, svafvelsyra, fosforsyra) hade till uppgift att bidraga till bildandet af proteinämnena i växtkroppen, kunde på förhand inses, så snart man egde kännedom om de nämnda ämnenas sammansättning. Svårare var att tyda basernas rol. Hvad den ena af dem, *kalken*, vidkom, låg visserligen på grund af densammas kemiska förhållande äfven här ett antagande ganska nära till hands; det nemligen, att dess betydelse låg i utfällandet af växtsyror (företrädesvis oxalsyra), som kunde uppkomma i skadligt öfverskott. Beträffande åter de två öfriga, *kali* och *magnesia*, kunde alls inga slutsatser a priori dragas. Särskilda undersökningar måste afgöra.

Svårigheten att finna lämpliga metoder fördröjde emellertid dylika undersökningar. Först sedan man kommit till insigt om den stora användbarheten af kulturer i närings-lösningar, kunde man med framgång egna sig åt detta ämne. Derför var det först på 1860-talet, som arbetena inom hithörande område togo sin början. STOHMANN (1), KNOP (2), BIERNER och LUCANUS (4) m. fl. beskrefvo då af dem företagna kulturer, likväl utan att kunna åstadkomma någon antaglig tydning af de observerade fenomenen. När emellertid år 1869 den växtfysiologiska försöksstationen i Tharand, i spetsen för hvilken stod FRIEDRICH NOBBE, grundades, satte den som sin uppgift för de närmaste åren «att studera den rol, som tillkommer de mineraliska näringsämnena i kulturplantans livsprocess». Det första härifrån (1871) i detta ämne publicerade arbetet utgjordes af en utförlig och förtjenstfull undersökning öfver *kalits*-funktioner i växtkroppen, från hvilken undersökning vår mesta kunskap om dessa funktioner hittills varit hemtad. Detta första arbete blef dock tyvärr trots föresatsen äfven det sista inom området för hithörande frågor från nämnda station. — År 1875 offentliggjorde БӨММ (10) sina undersökningar öfver kalkens betydelse i växten, och sedan hafva i rask följd mångfaldiga bidrag lemnats af olika författare till frågan om basernas funktioner (ehuru nästan alla uteslutande om kalken), och ganska många teorier hafva härom sett dagen.

Då åtskilliga af dessa arbeten från en senare tid komma att närmare beröras under redogörelsen för mina egna undersökningar, inskränker jag mig här till att anföra de viktigaste resultat, hvilka hittills framgått ur de olika författarnes forskningar.

Hvad först *kalken* angår, gjorde BÖHM (10) på grund af sina undersökningar det antagandet, att den förmedlar stärkelsens och öfriga kolhydraters öfvergång i cellulosa. Tillika ansåg han sig kunna konstatera, att kalken var nödvändig för stärkelsens transport och vandring. LIEBENBERG (12) ville deremot genom sina egna försök hafva utrönt, att något sammanhang mellan kalken och stärkelsens transport eller omsättning icke förefanns, och uppställde i stället den hypotesen, att genom kalkens frånvaro cellmembranernas sammansättning förändrades, så att de blefvo odugliga att motstå det osmotiska trycket i växten. RAUMER och KELLERMANN (13) och sedermera RAUMER (14) ensam bekräftade emellertid vid sina undersökningar i hufvudsak BÖHMS iakttagelser, men påpekade, att de observerade fenomenen kunde förklaras ensamt genom det antagandet, att kalken förmedlar stärkelsens öfvergång i cellulosa, hvilket antagande de för sin del ansågo mest sannolikt. KOHL (20) bestred i sin ordning detta antagandes riktighet och häfdade den uppfattningen, att kalkens specifika uppgift var att åstadkomma stärkelsens transport.

SCHIMPER har i ämnet publicerat två uppsatser. I den första af dessa (18) anser han ännu ostridigt, att kalken är nödvändig för kolhydraternas transport, och förklarar den gamla aprioristiska åsigten, att den skulle tjena till att oskadliggöra oxalsyran, för «eine jeder Grundlage entbehrende Hypothese». I sin andra uppsats (19) kommer han emellertid till rakt motsatta slutsatser. Här menar han kalkens outhärlighet hafva sin grund just deri, att den är nödvändig för olösliggörandet af oxalsyran, hvilken, såsom han funnit, är ett gift äfven i form af *neutrala* lösliga oxalater. Den stockning i stärkelsens transport, som iakttages hos plantor på kalkfria näringslösningar, anser han nu blott vara «eine secundäre pathologische Erscheinung».

En alldeles fristående teori har nyligen (1892) uppställts af O. LOEW (22, 23, 24, 25), hvilken vill tillägga kalken en vida intimare betydelse för växten, än som varit fallet med föregående teorier. Enligt LOEW skulle kalken ingå som integrerande beståndsdel i de gröna växternas klorofyllkroppar och cellkärnor och på denna grund vara nödvändig. MOLISCH (30, 31) har med stöd af sina egna försök uppträdt häremot och själf anslutit sig till SCHIMPERS åsigt.

Under det de författare, hvilkas arbeten hittills omtalats, endast hafva gjort *mikroskopiska* undersökningar på kulturmaterialet, har slutligen PRIANISCHNIKOW (28) äfven *makrokemiskt* pröfvat frågan och dervid kommit till det resultat, att kalken utöfvar ett gynnsamt inflytande icke blott på stärkelseomsättningen, utan äfven på omvandlingen af öfriga reservämnen, så att den påskyndar växtens utveckling och förlämnar den en högre grad af lifskraft.

Hvad *kali* vidkommer, är, såsom redan nämndt, FRIEDRICH NOBBES arbete (9) det första, vi ega angående dess funktioner. NOBBE kommer till det resultat, att

kali är nödvändigt för växternas assimilation, att «utan kali växterna icke kunna assimilera», och att denna bas icke kan ersättas af natron eller lithion. Dessutom anser han sig hafva ådagalagt, att olika kalisalter äro i olika grad nyttiga, och att *klorkalium* är det bäst verkande saltet. LÜPKE (17), som är den ende, hvilken efter NOBBE experimentellt behandlat frågan om kalits funktioner i de högre växterna, uppställer deremot den satsen, att kali «ist kein für eine einzelne Funktion der Pflanze allein bestimmter Nährstoff, sondern gehört wie Stickstoff, Phosphor, Schwefel etc. zu denjenigen Elementen, von welchen wahrscheinlich zum Aufbau einer jeden Zelle ein gewisses Quantum unentbehrlich ist». SCHIMPER (19) som något yttrat sig i denna fråga, synes anse detsamma.

Magnesiums rol i växten har slutligen varit föremål för undersökning endast i RAUMERS och LOEWS förut omnämnda afhandlingar. RAUMER synes vilja tillmäta den betydelse såsom bidragande dels vid stärkelsens transport, dels vid klorofyllbildningen, under det LOEW anser den vara nödvändig såsom bärare af fosforsyran vid denna syras assimilation.

Metoder.

Den metod, som de flesta försöksanställare hittills använt för hithörande frågors afgörande, har bestått deri, att kulturer på fullständiga näringslösningar jemförts med kulturer på lösningar, hvilka från den fullständiga endast skilde sig derigenom, att den bas, hvars rol skulle studeras, blifvit utesluten. Skilnaden mellan plantorna från dessa kulturer har ansetts uteslutande härröra från den borttagna basens funktioner. Denna *analytiska* metod medför dock ofta i viss mån felaktiga resultat och lockar lätt till en oriktig tydning af fenomenen. Det förhåller sig nemligen så, (hvilket jag redan vid mina första preliminära försök iakttog, men hvilket hittills icke blifvit tillräckligt beaktadt), att verkningssättet på växten hos en bas i hög grad kan betingas af närvaron eller frånvaron af andra baser. Till följd af denna omständighet uppkommer ofta genom borttagandet af en bas från en fullständig näringslösning hos den derpå växande plantan en del företeelser, som egentligen orsakas af de kvarvarande baserna. En fullt riktig och från faran af att misstydas fri bild af det borttagna elementets funktioner erhålles alltså icke på detta sätt. — Den närmare utvecklingen af dessa påståenden nödgas jag emellertid uppskjuta till längre fram i redogörelsen, der jag kan framdraga exempel.

Vill man med någon säkerhet komma på spåren de specifika funktionerna hos en bas, måste man åtminstone vid sidan af ofvan omtalta metod använda den rakt motsatta, den *syntetiska*. I stället för att, såsom vid förra metoden, som basis för jemförelsen använda kulturer, som uppdragits på *fullständig näringslösning*, utgår man här från plantor, som uppvuxit på *en kulturvätska, hvilken saknar alla näringsmedel*, d. v. s. på aqua destillata. Med kulturer på aqua destillata jemföras alltså

kulturer på lösningar, som blott innehålla *salt* (ett enda) *af den bas, hvars funktioner man vill studera*. De olägenheter, som antyddes vid den förra metoden, kunna vid denna anordning icke göra sig gällande; den förändring, som visar sig hos växten vid *tillsats* af ett salt till en näringsfri vätska, måste endast och allenast vara orsakad af detta salt. — Vid fortsatta kulturer tillägges i lösningen ett salt (helst med samma syra) af en af de båda öfriga nödvändiga baserna, o. s. v., så att man successivt kommer till den fullständiga näringslösningen. Genom denna tillvägagång kan man äfven komma på det klara med de olika basernas inflytande på hvarandras verkningssätt. — Då föregående experimentatorer synas mig hafva lemnat ett tillräckligt förråd af kulturer efter den gamla metoden, har jag efter de första försöken utslutande använt den nu angifna.

Till försöksväxt har jag vanligen och alltid, der den undersökta plantans art icke särskildt omnämnes, begagnat *Vicia sativa*, hvilken i många afseenden är en af de lämpligaste för detta ändamål. Dock har jag äfven vid skilda tillfällen dessutom använt andra arter, såsom *majs*, *korn*, *hvet*, *Helianthus annuus*, *bohvet*, *lupiner m. fl.* Kulturerna har jag mestadels företagit först i mörker för att oberoende af assimilationen kunna studera de resp. basernas inflytande på den redan bildade näringsomsättning och transport m. m., och derefter, sedan kunskap vunnits om de nämnda förhållandena, i ljus för att undersöka verkningarna på assimilationsföreteelserna.

Till de försök, hvilkas resultat jag omnämt, har alltid utförts minst ett, vanligen flere, kontrollförsök.

De kärl, på hvilka kulturerna uppdragits, hafva varit glasburkar af 1—1 1/2 liters rymd, öfverspända med paraffinerade nät af s. k. stramalj med grofva maskor. De salter, som användts till näringslösningarna, hafva förut af mig analyserats och befunnits purissima. Fröna hafva, innan de användts, lagts till groning under ungefär åtta dagar mellan filtrerpapper, som begjutits med destilleradt vatten. De groddplanter, som derefter tagits till försöken, hafva valts och fördelats så, att de kulturer, som skolat med hvarandra jämföras, blifvit ekvivalenta (så vidt synas kunde) med afseende på plantornas ursprungliga lifskraft, på det icke individuella olikheter härutinnan skulle bringa förvirring med sig.

Hvarje kultur har innehållit 15—20 individer. — Näringslösningarna hafva i allmänhet förnyats hvar fjortonde dag.

Funktioner af Calcium.

För närvarande stå, såsom af inledningen synes, fyra olika åsikter ¹⁾ mot hvar andra angående den rol, som i växten utföres af kalken.

Den första, att den skulle förmedla stärkelsens ombildning i cellulosa, företrädes af bl. a. RAUMER och KELLERMANN (13).

Den andra, enligt hvilken den fungerar vid stärkelsens transport, har senast upptagits af KOHL (20).

Den tredje och äldsta förmenar, att ingen (primär) relation mellan stärkelse och kalk förefinnes i växten, och anser kalkens funktion bestå deri, att den öfverför i olösligt tillstånd och såmedelst oskadliggör i växten uppkommande, för den samma skadliga syror, företrädesvis oxalsyra. Denna åsigt har ifrigast försvarats af SCHIMPER (19).

Den fjerde slutligen, den yngsta, af O. LOEW (22--25) uppställda, anser kalken ingå som nödvändig beståndsdel i de gröna växternas cellkärnor och kloroplaster och på denna grund vara oumbärlig.

För att möjligen lemna bidrag till de omstridda frågornas lösning företog jag till en början åtskilliga kulturer på 0,1 procentiga lösningar af ett kalksalt (omvexlande nitrat, sulfat och fosfat). Till jämförelse sattes samtidigt kulturer af samma växtart (*Vicia sativa*) på aqua destillata. Plantorna fingo utveckla sig i mörker, på det att förhållandena skulle blifva så enkla som möjligt. (Att kalken icke spelar någon rol vid sjelfva assimilationsförloppet, är med säkerhet konstateradt af föregående författare; se t. ex. BÖHM (10) och SCHIMPER (18).)

Dessa kulturer hafva alla lemnat enahanda resultat. De på kalksalt-lösning uppdragna individerna börja redan efter 3—4 dagar att i storlek och växkraft öfverträffa de på aqua destillata uppdragna och blifva med tiden oftast dubbelt större än dessa. Dock är härvid att märka, att den typ, som bildas af plantorna på aqua destillata, icke i någon mån (med undantag af hvad rötterna angår, om hvilka mera här nedan) är skiljaktig från den, som förefinnes hos plantorna på kalklösningen ²⁾. I båda kulturslagen hafva individerna samma habitus: en nästan

¹⁾ LIEBENBERGS åsigt får väl anses öfvergifven.

²⁾ Jemför härmed redogörelsen för kulturerna på kali- och magnesia-saltlösningarna (s. 20 o. f.), hos hvilka kulturer typen blir helt olika mot den på aqua destillata.

ogrenad stjelk, som är relativt spenslig och nästan jemnsmal. Proportionerna mellan plantornas olika delar äro äfvenledes desamma.

Rotsystemet erbjuder ett särskildt intresse. Här är nemligen den af kalksaltet förorsakade ökningen vida större än i växtens öfriga delar. Och ökningen är äfven förbunden med en viss ändring i typen. Under det i aqua destillata växkraften tyckes koncentrerad i hufvudroten, i det birötterna vanligen blott ernå en längd af högst 1 cm, synes i kalklösningen hufvudroten temligen snart afstanna i växande och öfverflyglas af birötterna; dessa senare, som här uppkomma mycket tätare än i aqua destillata, växa ut till en enorm längd och börja sedermera sjelfva förgrena sig. Inalles torde rotmassan i kalklösningen utgöra 3—5 ggr den i aqua destillata.

Utom genom den större hastigheten i växandet skilja sig individerna på kalksaltlösningen från dem på aqua destillata äfven i ett annat hänseende. De förra fortfara nemligen att utveckla sig, till dess all reservnäring i fröet är uttömd, under det de senare alltid bortdö, medan ännu näring finnes kvar. I sammanhang härmed står för öfrigt en annan olikhet, som torde vara värd att påpekas. Den gäller de olika sätt, på hvilka det slutliga förvisnandet hos kulturerna försiggår. De på kalkhaltig lösning växande exemplaren vissna nemligen konstant i riktning *nedifrån-uppåt*, de på aqua destillata deremot (liksom, såsom jag sedermera funnit, de på alla slags lösningar utan kalk växande) *uppiifrån-nedåt*.

Den mikroskopiska undersökningen gaf ett något oväntadt resultat. Båda slagen af plantor visade nemligen samma förhållande med afseende på stärkelsens fördelning i stjelken. Såväl hos individerna från kalksaltlösningen som (åtminstone i de allra flesta fall) hos dem från aqua destillata förekom stärkelsen under hela lifstiden normalt fördelad i stjelken. (I cotyledonerna rådde naturligtvis en betydlig skilnad). Icke heller i något annat hänseende kunde mikroskopiskt någon skilnad upptäckas mellan plantorna från de olika kulturerna.

Att konstatera denna öfverensstämmelse var, som nämndt, något öfverraskande. Föregående experimentatorer på detta område hafva nemligen varit ense om, att frånvaron af kalk har till följd en stockning i transporten af stärkelsen och en ojemn fördelning af densamma.

Emellertid visar sig vid närmare granskning af de förut gjorda undersökningarne, att de individer, hos hvilka denna stärkelsestockning påvisats, alla utom i ett enda fall varit sådana, som uppdragits på kalkfri, *men eljes fullständig*, näringslösning. Om det nu är så, att stärkelsen uppträder ojemt fördelad hos växtexemplar, som uppvuxit på en näringslösning sådan som den sist nämnda, men deremot icke hos individer från aqua destillata, så är det tydligen oriktigt att utan vidare anse frånvaron af kalk såsom orsaken till denna företeelse. Såsom jag i nästa kapitel skall utförligare visa, orsakas också denna stockning icke genom frånvaron af kalk i och för sig, utan *genom verkan af kali och magnesia vid frånvaro af kalk*¹⁾.

¹⁾ SCHIMPER har sålunda tydligen rätt, då han kallar denna stockning »nur eine sekundäre pathologische Erscheinung».

BÖHM är den ende, som (10) funnit stärkelseanhopningar äfven hos plantor från kulturer i aqua destillata. Af öfriga experimentatorer hafva äfven LIEBENBERG (12) samt RAUMER och KELLERMANN (13) företagit mikroskopiska undersökningar af aqua-destillata-plantor, men i likhet med mig utan att hos dem finna någon abnormal fördelning af stärkelsen. De senare hafva dock icke egnat någon uppmärksamhet åt denna omständighet. — Då halten af de olika mineralbeståndsdelarne i fröet är underkastad individuella variationer, kunna möjligen BÖHMs iakttagelser förklaras genom det antagandet, att de individer, han undersökt, råkat vara sådana, hvilkas frön innehållit relativt stora kvantiteter kali- och magnesia-salter, men deremot relativt små mängder kalksalter. Vid mina egna undersökningar har äfven undantagsvis ett och annat exemplar visat någon, ehuru obetydlig, ojemnhet i stärkelsefördelningen, hvilket kunde förklaras på samma sätt.

Såsom förut nämnt, hafva alla kulturserierna lemnat samma resultat. Mellan de individer, som uppvuxit på olika slags kalksalt (nitrat, sulfat eller fosfat), har ingen tydlig och konstant skilnad kunnat förmärkas ¹⁾. Enligt dessa kulturer skulle alltså *kalkens verkan i växten vara oberoende af den syra, hvarvid den i näringslösningen är bunden* (såvida denna syra är en af de för växten nödvändiga: salpetersyra, svafvelsyra eller fosforsyra).

Att kalken i dessa kulturer utöfvat ett gynnsamt inflytande på reservnäringens tillgodogörande, framgår redan af det förhållandet, att aqua-destillata-plantorna bortdogo, medan ännu reservnäring fanns tillgänglig, under det kalkplantorna blefvo vid lif, till dess densamma var förtärd. I sjelfva verket är emellertid frågan därmed ingalunda afgjord. Hvar och en af de herskande åsigtterna om kalken (med undantag möjligen af läran om kalkens gynnande af stärkelsens transport) torde kunna lemna ungefär lika god förklaring på de iakttagna fenomenen. Det är tydligen alls icke nödvändigt att antaga, att kalkens gynnsamma verkan på reservnäringens omvandling är af primär natur. Lika väl kan den vara en sekundär företeelse, hvilken visar sig, sedan kalken antingen på det af SCHIMPER m. fl. eller på det af LOEW antagna sättet förlänat växten en högre lifskraft.

Kulturer, sådana som de, för hvilka nyss redogjorts, torde alltså icke kunna fälla det afgörande utslaget mellan dessa olika meningar. Jag har därför försökt åstadkomma mera bevisande experiment. Hvad som nödvändigt måste bortelimineras, om beviskraften hos försöken skall blifva afgörande, är skilnaden i lifskraft mellan de med och utan kalk uppdragna plantorna. Tydligen är emellertid en ekvivalering i detta hänseende också den enda förändring, som behöfver vidtagas. Det är uppenbart, att om man lyckas ställa så till, att de på kalksaltlösning och de på aqua destillata satta individerna få samma lifskraft, jämförelsen mellan båda kulturerna skall lemna kunskap om, hvilka kalkens *primära* funktioner i växten äro — förutsatt att något nytt störande moment icke införes vid åstadkommandet

²⁾ BÖHM anför, att vid användning af sulfat och fosfat bladytorna (hos *Phaseolus multiflorus*) blifva mindre än vid användning af nitrat; hvilket hos *Vicia sativa* åtminstone icke tydligt ger sig tillkänna.

af den antydda likställigheten, d. v. s. att närvaron eller frånvaron af kalksalt fortfarande som förut kommer att utgöra den enda skillnaden mellan de båda olika slagen af kulturer.

Denna ekvivalör i lifskraft har jag sökt åvägabringa på följande sätt.

Det är bekant, att vid vattenkulturer en alltför stark koncentration af näringsvätskan — äfven om den blott innehåller eljes nyttiga och nödvändiga salter — verkar nedsättande på växtens lifsfunktioner. Under det t. ex. en mycket utspädd kalksaltlösning, såsom vi sett, har ett gynnsamt inflytande på växtens utveckling, kan en starkare lösning af samma art försämra utvecklingen och en ännu starkare döda växten. Om vi alltså åstadkomma en kalksaltlösning af sådan procenthalt, att den hvad växtens yttre angår hvarken har ett gynnsamt eller ett skadligt inflytande, så att de individer, som odlas på densamma, i storlek och växkraft blifva jemngoda med samtliga sådana på aqua destillata, så är en sådan lösning just hvad som behöfves för vårt ändamål. Vid jemförande kulturer måste nemligen å ena sidan naturligtvis här den skillnad visa sig i individernas inre byggnad, som betingas af kalkens funktioner i växten, och å andra sidan kalksaltet ensamt direkt vara orsaken till alla olikheter mellan de båda slagen af individer. Kort sagdt, kalkens primära funktioner i växten måste här kunna afläsas.

En lösning med ungefär ofvannämnda verkan (exemplaren på densamma blifva något litet sämre än de på aqua destillata) är den, som innehåller 2 % kalksalt ¹⁾.

Jag igångsatte nu två nya kulturer i mörker, en på en lösning af nyssnämnda sammansättning och en på aqua destillata. Under kulturernas gång visade sig hvad plantornas yttre angår ingen anmärkningsvärd olikhet. Efter 30 dagar började

¹⁾ För att erhålla kännedom härom, äfvensom för att utröna, hvilken koncentrationsgrad af kalksalt som är den gynnsammaste, har jag företagit kulturer i kalksaltlösningar af olika halt. En aqua-destillata-kultur jemfördes härvid med kulturer på lösningar, innehållande resp. 0,05 %, 0,1 %, 0,2 %, 1 %, 2 %, 5 % och 10 % $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Såsom resultat erhöles: Lösningen med 0,1 % $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ har det gynnsammaste inflytandet, den med 0,05 % ett föga sämre och den med 0,2 % ett återigen föga sämre än denna. Alla dessa tre hafva en fördelaktig inverkan äfven på rotsystemet, hvilket i den 0,1 procentiga lösningen, såsom förut omtaladt, är åtminstone tredubbelt så rikt som i aqua destillata. — På lösningen med 1 % $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ voro stängeln och bladen något kraftigare utvecklade, rotsystemet deremot mindre kraftigt än i aqua destillata. — Lösningen med 2 % $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ hade på rotbildningen en betydligt försämrande verkan; endast birötter af första ordningen funnos, tätt sittande och af en typ (korta (2—3 mm), tjocka, tvärt afspetsade), som jag sedan återfunnit hos kulturer på andra saltlösningar (af kali och magnesia). Som i texten nämnts, voro äfven stängel och blad något sämre än hos individerna på aqua destillata. — Plantorna på den 5 procentiga lösningen afstannade i tillväxt efter 3—4 dagar, men lefde friska under ytterligare en månad; på rötterna saknades hvarje spår af birötter, och de korta hufvudrötterna upplöstes slutligen i slemartade massor. — Af de 10 exemplaren på lösningen med 10 % $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ bortdögo inom 4 dagar 6 stycken; de öfriga 4 lefde i tynande tillstånd trenne veckor. Rötterna voro hos dem såsom på den femprocentiga lösningen.

På grund af försök, som jag senare företagit, och om hvilka mera skall talas i ett annat sammanhang, måste emellertid till sist den anmärkningen göras, att den för växten optimala halten af kalksalt icke är konstant för olika temperaturer, utan sjunker för högre värmegrader. Ofvanstående resultat gälla för en temp. af 16—20 °C.

ett par individer på hvardera kulturerna att vissna ¹⁾. Kalkplantorna voro nu (och hade hela tiden varit) till hela sin habitus något spädare än de på aqua destillata. De förra mätte i medeltal (af 10 st.) i längd (utom roten) 24,2 cm, i diameter 2,3 mm och hade något mindre grenar och blad än de senare, hvilkas längd var 27 cm och diameter 2,5 mm.

Den jämförande mikroskopiska undersökningen af dessa båda slag af plantor, hvilken företogs strax innan förvissningen tog sin början, gaf som resultat en skilnad, som i afgörande tydlighet icke lemnade något öfrigt att önska. Det är sålunda först att märka, att kalkplantorna visade en betydligt *fastare byggnad* än de från aqua destillata, hvilket redan tydligt gaf sig tillkänna, då snitten gjordes. Under mikroskopet visade sig äfven hos de förra *cellmembranerna öfverallt vara tjockare och starkare, äfvensom den cellulära strukturen vida tätare*, än hos de senare, der väggarne voro slaka och ofta tenderade till att falla tillsammans. Särskildt voro kärlnuippena hos de förra bättre utvecklade än hos de senare. *Halten af cellulosa föreföll öfverhufvud vara mycket större hos kalkplantorna*, och den fastare byggnaden hos dessa torde således icke kunna förklaras såsom *ensamt* en följd af kalksalters *mekaniska aflagrning* i eller utanför cellmembranerna ²⁾. — Hvad vidare angår förekomsten af stärkelse i dessa plantor, så visade sig i öfverensstämmelse med hvad det nu anförda om den olika cellulosahalten lät förvänta, *att i aqua-destillata-plantorna ganska mycket stärkelse fanns kvar i cotyledonerna och likaledes ganska mycket i hela stjälken från dess nedersta del ofta med ökning uppåt spetsen*, under det deremot i kalkplantorna hvarken i cotyledonerna eller i stjälkens hela längd mer än mycket små spår af stärkelse kunde upptäckas. Hos de senare var så godt som alltsammans omvandladt.

Härigenom är sålunda konstateradt kalkens *primära* relation till stärkelsen, och att denna relation består deri, att **kalken fungerar vid stärkelsens ombildning i cellulosa** ³⁾.

¹⁾ Förvissningen gick (såsom förut, se sid. 8) på olika sätt i de olika kulturerna.

²⁾ Att den ej heller kan vara en följd af de ändrade fysikaliska förhållanden i cellerna (ökad turgescens o. s. v.), som genom näringslösningens höga salthalt åstadkommas, visas deraf, att lika koncentrerade lösningar af andra salter icke hafva denna verkan. Jag anför i detta hänseende en uppsats af STANGE (Beziehungen zwischen Substratconcentration, Turgor und Wachstum bei einigen phanerogamen Pflanzen, Bot. Zeitung 1892 N:o 16—27), hvilken företagit kulturer på högprocentiga lösningar af KNO₃ och NaCl. Der säges (N:o 22, s. 364): «In der Literatur finden sich eine Reihe Beispiele registriert, dass mit verminderter Wasserzufuhr — und dies ist auch bei Culturen in Salzlösungen der Fall — eine Verdickung der Membran und Verminderung des Zelllumens eintritt. In unseren Culturen konnte jedoch niemals einwurfsfrei eine Verdickung der Membran oder Verkleinerung des Zelllumens weder in der Quer- noch in der Längsrichtung der Zelle erwiesen werden.» (Kurs. af mig).

³⁾ Med «cellulosa» förstås här, i enlighet med den gamla uppfattningen, den fundamentala beståndsdelen i de högre växternas membran. Enligt undersökningar af MANGIN (Comptes rendus, 1889, 1890, 1891, 1892 och 1893 samt Journal de Botanique 1892 och 1893) förefinnes emellertid i denna fundamentala beståndsdel förutom kolhydratet cellulosa äfven pectoser och pectinsyror («composés pectiques»). Dessa senare träffas i membranen redan vid dennas anlägg-

Måhända motsvara emellertid äfven de öfriga, nämnda åsigterna om kalkens funktioner verkliga förhållanden. De torde därför vara värda att något närmare undersökas.

Fästa vi uppmärksamheten endast vid kalkplantorna i de senast omtalta kulturerna, så kunde det möjligen tyckas, som om företeelserna i dessa (stärkelsens omvandling) äfven kunde förklaras genom det antagandet, att kalken hade gynnat *transporten* af stärkelsen. Det är ju tydligt, att en raskare transport måste framkalla en raskare ombildning, om eljes betingelserna för denna senare finnas för handen ¹⁾. Ett gynnande af transporten kunde alltså åtminstone tänkas såsom en bidragande orsak till det resultat, som erhöles, och det vore möjligt, att kalken egde båda funktionerna: att transportera stärkelsen och att omsätta den ²⁾.

Se vi emellertid på de förhållanden, som framgingo vid den mikroskopiska undersökningen af aqua-destillata-plantorna, bortfaller hvarje anledning till tvekan i detta hänseende. I de nyssnämnda plantorna förekom stärkelse ganska rikligt i hela stjelen *och ofta rikligare i stjelkens topp än vid dess bas*. Transporten har sålunda här icke lidit något afbräck genom kalkens frånvaro, utan synes hafva gått fullkomligt tillfyllestgörande för växtens behof. En ytterligare gynnande faktor är alltså alldeles obehöflig, och kalkens betydelse för växten kan icke ligga häruti.

Det förhållande, att en individ på aqua destillata dör bort, medan ännu stärkelse finnes öfverallt i växten, talar ju äfven för, att en brist i betingelserna för stärkelsens omsättning förefinnes. I förvissnande plantor från aqua destillata, hvilka

ning, ehuru den relativa halten då är minstre än i äldre membraner. Huruvida kalken medverkar vid bildningen af blott endera eller bådadera slagen af dessa beståndsdelar, kan naturligen här icke afgöras. Att märka är, att *Calcium-pectat* blifvit påvisadt i membranen; middel-lamellen skulle uteslutande bestå häraf.

¹⁾ Naturligtvis har äfven omvänt, såsom RAUMER och KELLERMANN påpekat, ett afstannande af stärkelsens ombildning till följd, att den vidare transporten upphör.

²⁾ Mot den åsigten, att kalken *uteslutande* skulle tjenstgöra vid stärkelsens transport, i det, såsom KOHL antager, *dennas vandringsform skulle utgöras af kalk-kolhydrat*, synes mig redan a priori följande vara stridande. I frön och andra bildningar (lökstammar, rotknölar o. d.) med riklig reservnäring af stärkelse eller lösta kolhydrat är, som bekant, kalkhalten dels öfverhufvud relativt ytterst ringa (så innehålla t. ex. potatisknölar af kalk blott 0,1 % af torrsubstansen mot 2,9 % i blasten, ärter 0,13 % mot 1,88 %, råg 0,06 % mot 0,36 % o. s. v.) *dels nästan alltiel otillräcklig för reservnäringens tillgodogörande*. Om KOHLs åsigt vore riktig, skulle vi alltså här stå inför det förhållandet, att det kvantum kalk, som varit tillräckligt att i fröet (o. d.) *transportera in* den deri befintliga stärkelsemängden, icke skulle vara tillräckligt att *transportera derifrån* samma mängd.

Sedan för öfrigt SCHIMPER experimentelt visat, att kolhydraten ej vandra såsom kalkföreningar och LOEW påpekat, att detta på förhand måste anses osannolikt, enär kalk-kolhydraten redan sonderdelas af kolsyra, blir det bevis, som KOHL anger som det hufvudsakliga för sin åsigt (sid. 43 o. följ.) i sjelfva verket ett bevis för kalkens rol att biträda vid stärkelsens ombildning i cellulosor. KOHL visar nemligen genom att uppräknat en mängd af honom iakttagna fall, hurusom calciumoxalat alltid uppträder i största mängd på de ställen, der stark cellulosabildning eger rum (vid sklerenkym- och bastknippen o. s. v.). Detsamma hafva äfven MÖLLER och ROSANOFF iakttagit.

Sannolikare än KOHLs åsigt vore emellertid, såsom LOEW påpekar, det antagandet, att kalken genom att befordra enzymernas arbete inverkade på stärkelsens transport (se härom längre fram).

jag mikroskopiskt undersökte, påträffades ofta stärkelse eller socker äfven i de växtdelar, som börjat vissna. (I förbigående kan anmärkas, att socker alltid anträffas i större myckenhet hos aqua-distillata-plantorna än hos kalkplantorna — en iakttagelse, som äfven RAUMER och KELLERMANN omnämna).

Om ytterligare bevis behövas för att konstatera, att kalken icke *i och för sig* har betydelse för stärkelsens transport, kunna sådana hemtas från PRIANISCHNIKOWS makrokemiska undersökningar öfver etiolerade plantor af *Vicia sativa*, som uppvuxit med och utan kalk. PRIANISCHNIKOW har, då plantorna voro 20 dagar gamla och sålunda stodo ungefär på höjden af sin utveckling, företagit kvantitativa bestämningar af de oförbrukade kolhydraten i stänglarne hos de båda olika slagen af plantor. Han fann dervid, att aqua-distillata-plantorna i stjälken innehöllo i medeltal 0,45 % af oförbrukade kolhydrat, under det kalkplantorna blott innehöllo 0,41 %¹⁾. Kalken har sålunda här icke blott icke ökat stjälkens halt af kolhydrat, utan i stället (på grund af sin verksamhet vid kolhydratens omvandling) något minskat densamma.

Att i kalkens specifika verkan — den verkan, som den utöfvar i växten oberoende af andra substansers närvaro — *icke ingår ett gynnande af stärkelsens transport, är sålunda säkert*. Dermed är emellertid ingalunda sagdt, att icke *under vissa omständigheter* borttagandet af kalken kan hafva till följd en stockning i denna transport. Åtskilliga experimentatorer hafva ju förut konstaterat en sådan stockning hos plantor, hvilka uppdragits på kalkfria, men eljes fullständiga näringslösningar. Sjelf har jag funnit detsamma hos på detta sätt uppdragna plantor (se nästa kapitel!). Och i sjelfva verket har bristen på kalk vanligen alldeles samma effekt under vegetationsförhållandena i naturen. Koncist uttryckt: *Så snart kalium- eller magnesium-salter upptagas af växten, uppträda vid frånvaron af calciumsalter de omtalta stärkelseanhopningarne*. I ett följande kapitel om kali och magnesia skall jag nemligen visa, hurusom salter af dessa baser vid frånvaron af kalksalter utöfva ett hämmande inflytande på stärkelsens transport. Salter af calcium hafva nu visat sig ega den märkvärdiga förmågan att fullständigt upphäfva detta kalium- och magnesium-salternas skadliga inflytande²⁾.

Kalkens totala inflytande på de högre växterna under normala vegetationsförhållanden summerar sig alltså af (åtminstone) två olika verkningar: 1. Den verkan, som den utöfvar under alla förhållanden, och som består deri, att den förmedlar stärkelsens omvandling i cellulosa; 2. Den verkan, som är beroende af närvaron af kalium- eller magnesium-salter, och som består i att förhindra dessa senare att (bl. a. ?) verka hämmande på stärkelsens transport.

¹⁾ PRIANISCHNIKOW (28) fann såsom slutresultat af sina undersökningar, att kalken förhöjde energien hos alla lifsföreteelser, som försiggå oberoende af ljusets inverkan (hvilket man ju kunnat sluta till redan af plantornas yttre habitus). Hvilka verkningar, som här voro primära eller sekundära, gjorde han emellertid intet försök att bestämma.

²⁾ Dessa knapphändiga upplysningar kunna här synas något dunkla; dock kan om hit hörande förhållanden först längre fram närmare talas.

Hvad sedan SCHIMPERS åsigt beträffar, hvilken vill tillskrifva kalken uppgiften att i växten olösliggöra och derigenom oskadliggöra oxalsyran, hvars lösliga salter (t. o. m. de neutrala) hafva visat sig vara förderfliga för växten, så är den svagaste punkten deri, att man genom den icke erhåller någon tillfredsställande förklaring öfver, hvad kalken uträttar i sådana växter, hos hvilka oxalataflagringar saknas (som bekant de flesta Gramineer, Equisetaceer m. fl.). — Möjligheten af kalkens rol vid stärkelsens ombildning i cellulosa bestrider SCHIMPER (19), såsom det synes, hufvudsakligen på grund deraf, att han icke genom mikrokemiska reaktioner lyckats påvisa kalk i vegetationspunkternas väfnader. (Dock visa sig spår af kalk i askan). Häremot kan till en början invändas, att cellulosa-bildningen i alla händelser här är ytterst obetydlig¹⁾. Vidare är att märka, att *vegetationspunktens väfnader äfven (märkvärdigt nog) äro befunna fria från stärkelse och socker*. (Se härom ADOLF MAYER: «Die Ernährung d. grünen Gewächse» 4:te Aufl., s. 85). Långt ifrån att vara ett bevis mot senast nämnda åsigt, står kalkens frånvaro i berörda väfnader sålunda fullkomligt i samklang med dess fordringar.

Jag bör för öfrigt här omnämna några kulturer, hvilka jag med tanken på SCHIMPERS teori företagit, och i hvilka jag försökt ersätta calcium med någon af de densamma kemiskt närstående metallerna strontium och barium. Af dessa senares oxalater kommer ju isynnerhet den förstnämnda i olöslighet calciums mycket nära. Med kulturer på en 0,1 procentig lösning af $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ och på aqua destillata har jag jämfört kulturer på 0,1 procentiga lösningar af $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ och $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ resp. (alla mörkerkulturer). Det visade sig, att individerna på både den strontium- och den barium-haltiga lösningen utvecklade sig sämre än de på aqua destillata. Bariumplantorna afstannade fullständigt i tillväxt efter 8—10 dagar, och deras hela lifslängd var ungefär 16 dagar. Rötterna sågo från början tynande ut, och hvarje spår af birötter saknades. Åtminstone barium får alltså anses direkt skadlig för de högre växterna. — Betydligt bättre förhöll sig strontium-kulturen. Efter en månad, då dessa kulturer förstördes, var den ännu fullt frisk, ehuru den både hvad rötter och stjelk angick var tydligt sämre än aqua destillata-kulturen²⁾. — Calciums *specifika* funktioner i växten kunna alltså icke utföras af barium eller strontium, hvilket faktum dock tydligen icke kan sättas som bevis för, att calcium *totalt* skulle sakna betydelse i den af SCHIMPER angifna riktningen.

Innan vi slutbehandla detta SCHIMPERS försök till tydning af kalkens rol, torde det vara nödvändigt att säga några ord om den enda återstående teorien i detta ämne, den af LOEW uppställda, i hvad den rör Calcium. I öfriga delar skall densamma behandlas i nästa kapitel. LOEW, som, i det han polemiserar med SCHIMPER,

¹⁾ Deremot upptaga ju *kärnorna* i vegetationspunkten nästan cellernas hela lumen, hvarför, om LOEWS i inledningen omnämnda teori vore riktig, vegetationspunkterna borde vara ovanligt rika på kalk.

²⁾ Strontium synes sålunda äfven vara skadlig för de högre växterna. — Nyligen har äfven BENECKE (29) kommit till detta resultat. Till ett motsatt sådant har dock E. HASSELHOFF (27) kommit, hvilken påstår strontium icke vara skadlig. För de närmare omständigheterna vid hans försök kan jag emellertid ej redogöra, då jag endast lyckats komma öfver ett kortfattadt ref. (i Bot. Centralbl. Bd 57, s. 135) af hans afhandling.

medgifver kalkens synliga funktion bestå i att befordra stärkelsens omsättning eller transport (han måste lemna ofafgjordt, om båda eller hvilkendera), vill finna den innersta orsaken till denna kalkens verkan deri, att den skulle ingå som nödvändig beståndsdel i växtorganismens viktigaste delar, cellkärnor och klorofyllkroppar. MOLISCH (30, 31) har, som nämnt, redan gjort en invändning häremot genom sina undersökningar öfver vissa lågt stående gröna alger, i det han konstaterat, att kalksalter för dessa icke äro nödvändiga. LOEW har derigenom tvungits till det antagandet, att de ifrågavarande algernas cellkärnor och klorofyllkroppar skulle hafva en annan sammansättning än samma delar hos öfriga gröna alger och de högre växterna. Utan att afgöra, i hvad mån detta antagande kan anses sannolikt ¹⁾, vill jag endast anföra, hvad mina egna undersökningar gifvit vid handen med afseende på teorien.

För densamma har LOEW icke anført något direkt experimentelt stöd. Det hufvudsakligaste skälet för dess berättigande vill han sjelf finna deri, att den skulle vara bästa sättet att förklara skadligheten hos neutrala oxalater och magnesiaskalter (dessa senare vid frånvaro af kalksalter), hvilka båda grupper af salter verka giftigt under samma symptom. Cellkärnor och klorofyllkorn blifva härvid först angripna (hos alger, t. ex. Spirogyra), hvilket skulle bero derpå, att kalken borttoges från dem af oxalaten och äfven af magnesiaskalter, enär calcium är starkare basisk än magnesium och således förenar sig med den förut vid magnesium bundna syran.

Hvad emellertid först angår den skadliga verkan af de neutrala (kalium- och magnesium-)oxalaten, så lemna jag här en annan tydning deraf.

Jag förutskickar då den anmärkningen, hvilken jag redan förut antydtt, att kaliskalter i allmänhet, något som hittills icke beaktats, *vid frånvaro af kalksalter* visa sig inverka skadligt på växten, visserligen i något mindre grad än magnesiaskalter, men under samma symptom som dessa. För de kulturförsök, genom hvilka jag konstaterat detta, skall jag i nästa kapitel redogöra. Redan detta faktum kan emellertid ej tydas genom LOEWS teori, då kalium är starkare basisk än calcium.

LOEW har nu jemfört inflytandet (på Spirogyra m. fl. alger) af neutralt kaliumoxalat med inflytandet af vinsyradt och svafvelsyradt kali och funnit, att vid inverkan af dessa senare samma symptom icke framträda (under samma tid?) ²⁾ som vid inverkan af det förra. Förklaringen är enligt min mening denna: Kalium-

¹⁾ Betydligt mindre djerft och mera sannolikt är väl det antagande, som måste göras, om man fasthåller vid kalkens betydelse för cellulosabildningen: att dessa algers *membraner* icke hafva samma sammansättning som de högre växternas. Enligt MANGIN (Comptes rendus, 1890) hafva vissa andra algers (t. ex. Oedogonium) membraner en med svamparnes likartad sammansättning.

²⁾ Den enda redogörelse för experimenten med vinsyradt och svafvelsyradt kali, som LOEW lemna i sitt första arbete (22), utgöres af följande sats: «Lässt man weinsaures oder schwefelsaures kali auf die erwähnten Objectewirken, so gewahrt man keine derartige Erscheinungen». I en följande uppsats (23), der han redogör för samma förhållanden, har han emellertid tillagt orden «in derselben Zeit». Endast i denna senare form kan hans uppgift vara riktig. Till och med enligt hans egen teori måste ju äfven vid inverkan af dessa sistnämnda salter «derartige Erscheinungen» framträda, ehuru först senare och mindre tydligt än vid inverkan af oxalater. (Vin-

oxalatet olösliggör den i organismen förekommande kalken och gör den sålunda obrukbar (naturligtvis oberoende af, hvarest och på hvad sätt kalken finnes i växten) *hwarefter kaliumsaltet* (och den ringa mängd magnesiumsalt, som alltid finnes i alg-organismen) *utvecklar de skadliga egenskaper, som det vid frånvaron af kalk eger*. Det vinsyrade och svafvelsyrade kalit borttager deremot icke kalken [så hastigt och fullständigt ¹⁾], och kalium- och magnesium-salterna få sålunda här icke (förrän kalken på annat sätt blifvit förbrukad) tillfälle att verka vid frånvaro af calciumsalt. Här af förstås den nämnda olikheten i (tiden för framträdande af) symptomen, och här af blir det äfven klart, hvarför kaliumoxalat och magnesiumsalter verka på samma sätt: det är i båda fallen kalium eller magnesium (eller båda, hvilka hafva samma inflytande) som verka.

Denna förklaring vinner i sannolikhet, om vi vända uppmärksamheten åt de resultat, som erhållits af MIGULA, hvilken af LOEW sjelf citeras. MIGULA har gjort undersökningar öfver inflytandet af starkt utspädda syror på algceller ²⁾. I förbigående kan anmärkas, att han funnit oxalsyra verka giftigast af alla organiska syror, hvilket enligt det ofvan sagda är lätt förklarligt, då den bredvid sin egen giftighet ensam af alla genom att borttaga kalken föranleder de i cellen befintliga kalium- och magnesium-salterna att utveckla förderfliga egenskaper. Hvad som emellertid för det, hvarom nu är fråga, är af största intresse, är hans uppgift, att oxalsyrelösningar af olika koncentration verka under olika symptom. I mycket utspädda lösningar (i experimentet 0,004 procentig lösning), der inverkan sker långsammare, uppträda samma symptom, som LOEW iakttagit vid oxalsyradt kali och magnesiumsalter, under det att i starkare lösningar, der cellerna dö på kortare tid, dessa karakteristiska fenomen icke visa sig. Jemföra vi härmed hvad LOEW funnit, att oxalsyradt *kali* äfven vid hög koncentration låter de omskrifna symptomen framträda, så synes mig för dessa fakta endast *en* tydning finnas, hvilken måste göras i enlighet med det förut sagda: Vid en *oxalsyrelösning* af ringare halt går syrans *egen* giftverkan (den som den har gemensamt med alla syror) så långsamt för sig, att den *af densamma föranledda* verkan af den likaledes ringa mängden kalium- och magnesium-salter i cellen kan hinna framträda, hvilken består i de ofta nämnda symptomen; vid en *oxalsyrelösning* af starkare halt dödas cellen så hastigt genom syrans *egen* inverkan, att den i förhållande till oxalsyran mycket

syrad kalk t. ex. behöfver för att lösas 2000 delar vatten af 8 °C.). Och då vid kulturer af högre gröna växter kalialter ha samma skadlighets-symptom som magnesiassalter, så eger säkerligen detsamma rum vid de af LOEW undersökta gröna algerna.

Granska vi vidare LOEWS uppgifter, så finna vi emellertid, att icke heller magnesium-salter låta de ifrågavarande symptomen framträda «in derselben Zeit». Under det nemligen dessa symptom vid användandet af neutralt kalium-oxalat kunna iakttagas efter 7—40 *minuter*, visa de sig vid magnesiumsalter (och ungefär samma koncentration) först efter 12—40 *timmar*. Inom denna senare tid torde säkert äfven både vinsyradt och svafvelsyradt kali hafva gjort samma verkan gällande.

¹⁾ Se not 2 å föregående sida.

²⁾ MIGULA: Ueber den Einfluss stark verdünnter Säuren auf Algenzellen. Breslau 1888. — Jag har icke kunnat åtkomma denna afhandling och är därför nödsakad att citera efter LOEW.

ringa mängden kalium- och magnesium-salter i cellen ej hinner lemna spår af sitt inflytande; vid en lösning af *oxalsyrdt kali* slutligen, der kali och oxalsyra (huru-
dan än koncentrationen är) förekomma i ekvivalenta mängder, gör äfven det förra
hastigt sitt inflytande gällande, och de omtalade karakteristiska företeelserna komma
här att visa sig.

Jag tror mig sålunda hafva ådagalagt, att den af Loew iakttagna deforma-
tionen af cellkärnor och klorofyllkroppar bör tillskrifvas kalium- och magnesium-
salter, ej oxalsyra. Att emellertid icke både kalium och magnesium, af hvilka den
ena är starkare, den andra svagare positiv än calcium, kunna borttaga denna senare
ur de nämnda organoiderna, är tydligt. Den närmare diskussionen om arten af
de förstnämnda metallernas skadlighet uppskjuter jag likväl såsom varande mera på
sin plats i nästa kapitel.

De förhållanden, på hvilka Loew, som nämndt, företrädesvis grundat sin teori,
utgöra alltså intet som helst stöd för densamma. Icke heller öfverensstämmer teo-
rien med öfriga företeelser, som framträda vid kulturförsök inom hithörande om-
råde. Det är visserligen en gammal iakttagelse, att växter på kalkrik jord få en
yppigare bladbildning än på kalkfattig sådan, och detta kunde synas tala till förmån
för LOEWS teori, enligt hvilken kalken skulle gynna kloroplast- och sålunda äfven
bladbildningen. I fråga om individer af *Vicia sativa* på näringslösningar, inne-
hållande calciumsalter *jemte kalium- och magnesium-salter* har jag också iakttagit det-
samma. Bladbildningen blir mycket rikare och hvarje blad större och kraftigare
än hos individer af för öfrigt samma storlek på aqua destillata. *Men hos de indi-
vider, som fått utveckla sig på lösningar af ensamt calciumsalter, har någon öfver-
lägsenhet i berörda hänseende öfver aqua destillata-plantor aldrig framträdt.* (Jag har
utfört ett tiotal sådana kulturer). Den förenämnda verkan orsakas alltså icke af
calciumsalter i och för sig, utan snarare af *kalium- och magnesiumsalter vid närvaro
af calciumsalter.*

Den enorma ökning i rotsystemet, som alltid uppträder vid kulturer på lös-
ningar af ensamt calciumsalter, och hvilken ökning är vida större än den i stjelk-
komplexen, måste från Loews ståndpunkt äfven vara öfverraskande, då man här
icke kan skylla på kloroplaster.

LOEWS teori synes öfverhufvud sakna skäl för sig och strida mot förefintliga
fakta. Den förefaller dessutom helt onödig. Kalkens genom experimenten konsta-
terade rol vid stärkelsens ombildning behöfver ingen djupare liggande förklaring.
Kalkföreningar med enklare kolhydrat äro kända, och att kalken vidare kan för-
medla eller åstadkomma möjligheten för reaktioner, polymerisationer o. s. v., från
stärkelse (eller socker) till cellulosa, är ingenting svårfattligt. Huruvida i cellmem-
branen verkligt ingår en kalkförening af cellulosa, såsom några anse, eller kalken
endast tjänstgör på mellanstadierna, är en fråga som för närvarande icke torde
kunna afgöras ¹⁾.

¹⁾ Se noten 3 å sidan 11.

Vi kunna nu återvända till SCHIMPERS försök att tyda kalkens rol. Liksom LOEWS tydning faller redan på den omständigheten, att utom magnesiumsalter äfven kaliumsalter, då de verka ensamma, äro skadliga för växten, så blir äfven SCHIMPERS teori otillräcklig, sedan vi fått kunskap om, att icke blott kalium- och magnesium-*oxalat*, utan äfven *öfriga kalium- och magnesium-salter* vid frånvaron af calcium-salt visa ett förderligt inflytande. SCHIMPERS förslag till förklaring står dock framför LOEWS deruti, att det motsvarar ett verkligt förhållande. Kalken är förvisso nödvändig för att oskadliggöra de lösliga (kalium- och magnesium-)oxalaterna; men den är, såsom vi snart skola se bevisadt, lika nödvändig för att oskadliggöra och göra nyttiga öfriga kalium- och magnesium-salter. Den betydelse, som SCHIMPER vill tillägga kalken, är alltså blott en liten del af detta ämnes totala inflytande; och denna del ingår i den kalkens uppgift, som är omtalad sid. 13, mom. 2¹⁾. Det är troligt, att denna del af kalkens funktioner kan öfvertagas af strontian (något sådant synas också af LOEW (21, sid. 392) utförda försök visa), hvilket deremot icke, såsom vi sett, kan ske med de funktioner, som utöfvas af kalken, då den förefinnes ensam.

Utom sin specifika uppgift, som består i att fungera vid stärkelsens (och öfriga kolhydrats) ombildning i cellulosa, har kalken alltså äfven en annan högst viktig och väsentlig rol att utföra hos de högre växterna. Vid kalkens frånvaro verka nemligen alla öfriga mineraliska ämnen öfvervägande skadligt; först kalkens närvaro sätter växten i stånd att icke blott uthärda utan äfven draga nytta af vissa af dem, nemligen kalium- och magnesium-salter.

¹⁾ Den der omtalta verkan af kalium- och magnesium-salt, att förhindra stärkelsetransporten, är blott det först framträdande symptom af dessa salters verkan.

Funktioner af Kalium och Magnesium.

Att kali- och magnesia-salter äro nyttiga och nödvändiga för de gröna växterna, har sedan lång tid ansetts konstateradt genom talrika kulturförsök. Utelemnades i en kulturvätska det ena eller andra af dessa slag af salter, kunde de växtindivider, som uppdrogos på en sådan lösning, den måtte i öfrigt vara sammansatt huru som helst, aldrig helt fullborda sin utveckling, utan bortdogo i förtid.

Då här och der företeelser visat sig, som syntes tyda på, att dessa salter likväl *under vissa förhållanden* kunna verka skadligt, har man derfor icke vågat göra slutsatser. Ett sådant påstående syntes alltför paradoxalt.

Det förhåller sig emellertid så, att såväl kali- som magnesia-salter, *då kalksalter icke inverka samtidigt med dem*, hafva ett ogynnsamt inflytande på de högre växterna. Endast bredvid kalksalter äro de nyttiga och nödvändiga.

Hvad magnesiasalter beträffar, har Loew nyligen (22) fäst uppmärksamheten på, hurusom ett antal icke beaktade fakta från föregående kulturförsök bevisa detta. Sjelf har han pröfvat inverkan af lösningar, som innehålla ensamt magnesiasalter, på hufvudsakligen alger (*Spirogyra* m. fl.) och konstaterat ett påfallande skadligt inflytande.

Angående kalialter har emellertid ingen hittills vågat sig på en dylik slutsats. Det är dock icke många forskare, som sysselsatt sig med kulturer på lösningar af ensamt kalialter. Bland senare publikationer har jag blott funnit två uppgifter om dylika kulturer; den ena är af Böhm (år 1875), den andra af Loew (år 1892). Böhm säger (10 sid. 9) om individer af *Phaseolus multiflorus*, hvilka han uppdragit på (0,1 och 0,2 procentiga) lösningar af kaliumsulfat och kaliumfosfat resp.: «(sie) waren im Allgemeinen künmerlicher als die meisten Schwesterpflanzen in destillirtem Wasser und gingen durchschnittlich auch früher zu Grunde». Han framkastar likväl den förmodan, att denna skilnad berodde på individualiteten hos de använda fröna. Loew åter, för hvilken den erfarenheten, att kalialter kunna verka skadligt, skulle kommit ganska olägligt, enär kännedomen härom skulle kullkastat hans teori om kalksalternas betydelse, uttrycker sig mera sväfvande i detta hänseende.

Efter att hafva nämt (22: sid. 381 o. 382), att Spirogyrer dogo efter 4—5 dagar i en lösning af 1 promille magnesiumsulfat, omtalar han, att de i lika starka lösningar af calcium-, *kalium*-¹⁾ eller natrium-sulfat «länge» blefvo vid lif. Vidare säger han: «In einer 1 procentigen Lösung von Magnesiumnitrat sterben kleinere Spirogyren nach 6—12 Stunden, während sie sich in ebenso starken Lösungen von Calcium-, Kalium- oder Natrium-nitrat lange Zeit wohl befinden. *Nur ist bei Kaliumnitrat bald eine übermässige Stärkeanhäufung im Chlorophyllband zu sehen, welche Störungen nach sich ziehen kann*»¹⁾. Att för öfrigt här och der i hans experiment åtskilligt ganska tydligt pekar på kalisalternas skadlighet vid frånvaro af kalksalter, har han icke märkt. Han antager utan vidare, att dessa salter under alla omständigheter äro nyttiga²⁾.

Jag har i flera försöks-serier kultiverat groddplantor af vicker, korn, majs, bohvete och lupiner på lösningar af ensamt kali- och af ensamt magnesia-salter och i alla kulturerna funnit båda slagen af salter utöfva en tydligt försämrande verkan, om än i olika grad på olika arter, allt efter dessas större eller mindre halt af kalksalter i fröna. Jag beskriver här närmare försöksserien med vicker, då deras frön i förhållande till plantans behof äro ganska kalkfattiga och företeelserna, derför framträda temligen tydligt.

På fyra glaskärl, innehållande det första en lösning af 0,1 % kaliumnitrat, det andra en lösning af 0,1 % magnesiumsulfat och för jemförelsens skull det tredje aqua destillata, det fjärde en lösning af 0,1 % kalknitrat, sattes groddplantor af *Vicia sativa*. Växtstället var ett fönster i ett hela dygnet om eldad rum, der temperaturen höll sig vid ung. 18 °C. (Jag nämner temperaturen af skäl, som längre fram skola blifva tydliga).

Angående plantornas exterieur under försökets gång afskrifver jag följande ur den förda journalen:

(Kulturerna hade igångsatts d. 14 Nov.)

«*Not. d. 18 Nov.* Alla plantorna friska, föga olika utvecklade. Skulle någon skilnad göras, blefve ordningen: Mg³⁾ (bäst), K, Ca, aq. — Mg och K äro nemligen betydligt gröfre än de båda öfriga (Mg dubbelt, K något mindre). Hvad rot-systemet angår, hafva Ca, K och aq små birötter, hvilket Mg saknar.

Not. d. 21 Nov. Mg och K nu tydligt större och gröfre samt något mera gröna i stjelk och blad än de båda öfriga, som äro ungefär lika stora sinsemellan.

¹⁾ Kursiveringen af mig.

²⁾ På ett annat ställe meddelar LOEW (Landw. Versuchsstat. 41 [1892] s. 467, för öfrigt ett sammandrag af uppsatsen i Flora 1892) en iakttagelse af SCHULTZ-LUPITZ, att vid gödsling med Stassfurter kalialter skadliga verkningar inträda, såvida icke samtidigt riklig kalkgödsling eger rum. Skulden härtill anser han emellertid ligga i Stassfurter kalisalternas halt af magnesium.

³⁾ För korthetens skull tillåter jag mig använda uttrycken:

<i>Mg</i>	—	som betyder: plantorna på magnesiumsulfatlösningen,
<i>K</i>	—	» » » » kaliumnitratlösningen,
<i>Ca</i>	—	» » » » kalknitratlösningen,
<i>aq</i>	—	» » » » aqua destillata.

På 6 af Mg och 3 af K trenne bladskott, på ingen af plantorna i de öfriga kulturerna flera än två. Rotsystemets utveckling bildar nu serien: Ca, aq, K, Mg. Hos Ca tätt sittande birötter af mer än 1 cm. längd, hos aq och K glesare sådana på högst $\frac{1}{2}$ cm. Mg äro fortfarande utan birötter.

Not. d. 25 Nov. Alla plantorna i alla kulturerna friska. Ca hafva gått förbi de öfriga, aq hafva upphunnit Mg och K, som äro ungefär lika stora. Angående rotsystemet är följande att anmärka: 1. *Ca.* Hufvudroten ser kortare ut än hos aq och K derigenom, att dess yngsta del (ungefär $\frac{1}{4}$ af det hela) böjer sig vågrät och växer vidare i spiral i det vågräta planet, utsändande långa birötter i vågrät riktning, så att roten i denna del bildar en vidsträckt ytkomplex. För öfrigt öfverallt, och tätast mot spetsen, besatt med birötter (2—3 cm långa). 2. *Aq.* Hufvudroten växer rakt nedåt, birötterna sitta mycket glesare än hos Ca och glesast mot spetsen; de äro högst $\frac{1}{2}$ cm långa, så tjocka som hos Ca, tvärspetsade. 3. *K.* Nästan alldeles som hos aq, obetydligt sämre. 4. *Mg.* Hvarje tillstymmelse till birötter saknas ännu; hufvudrötterna, ungefär så långa som hos aq och K, börja på sonliga plantor slakna och se ut, som om de tendera till upplösning.

Not. d. 28 Nov. Ca nästan dubbelt så stora som aq, och dessa senare tydligt större än Mg och K, hvilka båda äro af en egendomlig habitus. I stjelkens nedre del äro de mycket tjocka, men ungefär 3 cm ofvanför cotyledonerna sfsmalna de så hastigt, att diametern på en sträcka af $\frac{1}{2}$ cm nedgår till hälften. Den här ofvanför befintliga (blott ung. 1 cm långa) delen af stjelken blir hastigt än tunnare, så att diametern strax under stamspetsen blott är omkring $\frac{1}{6}$ af densamma vid stjelkens bas. Stjelkarne hos Ca och aq förete ej något liknande; de äro smalare nedtill, men tjockare upptill än Mg och K. Rotsystemet hos Ca åtminstone fem ggr så rikt som hos aq och K; birötterna äro hos de förra ofta rikt förgrenade och besatta med birötter af andra ordningen. Hufvudrötterna hos Mg hålla på att upplösas till slemartade massor.

Not. d. 2 Dec. Ca och aq växa alltjemt vidare; de förra äro dubbelt så stora som de senare; aq äro återigen dubbelt så stora som Mg och K, hvilka äro ungefär lika och synas hafva afstannat i tillväxt. På tre af Mg uppträder på stjelkens näst sista internodium ett brunt insjunket parti såsom början till förvissning. (Det samma hafva LIEBENBERG (12) samt RAUMER och KELLERMANN (13) iakttagit hos individer på kalkfri, men eljest fullständig, näringslösning). Mg:s rötter upplösas mer och mer.

Not. d. 5 Dec. Ca växa raskt vidare, aq mycket långsamt, Mg och K hafva länge stått stilla. Hos Mg och K äro i allmänhet de öfre partierna sjuka och förvissnade, de nedre deremot fullt friska och gröna. Samtidigt med förvissnandet i de öfre delarne hafva emellertid från den tjocka basen af stjelken små, lifligt gröna skott skjutit fram, hvilka dock snart hafva afstannat i tillväxt. Något dylikt anträffas icke på någon af Ca eller aq.»

Den 8 Dec., då äfven aq syntes hafva stannat i utveckling, bestämdes friskvigten af 10 exemplar från hvardera kulturen.

10 individer från	<i>kalknitrat</i>	vägsde	8,52 g.
» » »	<i>aqua destillata</i>	»	5,04 g.
» » »	<i>magnesiumsulfat</i>	»	3,15 g.
» » »	<i>kaliumnitrat</i>	»	3,34 g.

Att sålunda här både magnesiumsulfat och kaliumnitrat haft en skadlig verkan, framgår tydligt ¹⁾. Det förtjenar dock påpekas, att kaliumsaltet icke på rötterna utöfvat något (mera märkbart) ogynnsamt inflytande.

Innan jag öfvergår till redogörelsen för den mikroskopiska undersökningen af plantorna i detta försök, vill jag i korthet omnämna de öfriga kulturer, hvilka jag företagit i samma syfte ²⁾.

Af två afdelningar *lupinplantor*, af hvilka den ena uppdrogs på aqua destillata, den andra på en lösning af 0,05 % kaliumsulfat, befunnos efter tre veckor individerna på aqua destillata vara af dubbla storleken mot dem på kaliumsulfat-lösningen. Friskvigten utgjorde då:

af 10 ex. från	<i>aqua destillata</i>	7,26 g.
» » » »	<i>kaliumsulfat-lösn.</i>	5,17 g.

Olikheten i samma hänseende vid korn- och majs-kulturerna var mindre; dock voro äfven här, såsom förut nämdt, aqua-destillata-individerna tydligt öfverlägsna dem på lösningen af kaliumsulfat.

Magnesium-salterna verkade i allmänhet något mera nedsättande på växandet än kaliumsalter (tydligen genom sitt förderfvande af rötterna). Hvad särskildt rötterna angår, var nitratet af starkare verkan än sulfatet. I en 0,03 procentig lösning af detta sistnämnda salt drefvo plantor af *Vicia sativa* små (1—3 mm långa) birötter, ehuru dessa voro af en knottig, förkrympt form och vida underlägsna dem på aqua-destillata-plantor; någon tendens till rotens upplösning kunde här ej heller förmärkas.

På en lösning af magnesiumsulfat med den nämnda ringa koncentrationen af 0,03 % blefvo kornplantor blott hälften så stora som dylika på aqua destillata. Majs visade något mindre skilnad. Bäst af alla försöksväxterna trufdes på salt-lösningen bohvete. Individerna från magnesiumsulfat-lösningen (0,03 procentig) voro till storleken i stjälk-komplexen ungefär $\frac{2}{3}$ af dem från aqua destillata, och med afseende på rötterna tedde sig här ett öfverraskande undantag: de i lösningen befintliga voro obetydligt underlägsna dem i aqua destillata och för öfrigt af ett fullkomligt friskt utseende, försedda med birötter af normal utveckling och tätt besatta med rothår.

Vid alla de hittills i detta kapitel omnämnda försöken hafva växterna fått utveckla sig under ljusets inflytande. På etiolerade kulturer synas kalium- och mag-

¹⁾ Någon reaktionsförändring i näringsvätskan under försökens gång, som kunnat verka skadligt, har aldrig iakttagits; lösningarna hafva under plantornas hela lifstid reagerat fullkomligt neutralt. För öfrigt hafva, såsom förut nämnts, i allm. vid mina kulturer näringsvätskorna ombytts ung. hvar fjortonde dag.

²⁾ Och på samma växtställe, med temp. sällan öfverstigande 20 °C.

nesium-salter till och med utöfva en ännu skadligare verkan. Vid en sådan kultur af *Vicia sativa* på 0,03 procentig magnesiumsulfat-lösning uppnådde individerna blott ung. tredjedelen af storleken hos etiolerade plantor på aqua destillata, under det vid ljuskulturer de förra blefvo ung. hälften af de senare. Med en lösning af 0,07 % kaliumsulfat erhöles ung. samma relationer. (Friskvigtsbestämningar utfördes emellertid icke). Kalium- och magnesium-salter tyckas sålunda ändock under ljusets inverkan fullgöra en eller annan nyttig funktion, ehuru det skadliga inflytandet blir öfverlägset ¹⁾.

Vid närvaro af calciumsalter, *men endast då*, upphäfves den skadliga verkan af kalium- och magnesium-salter, och deras nyttiga egenskaper göra sig gällande. (För de hithörande experimenten skall längre fram redogöras).

Hvari ligger nu orsaken till denna egendomliga dubbelverkan? Af hvilken art är de ifrågavarande salternas skadlighet?

Den mikroskopiska undersökningen af de först nämnda kulturerna af den 14 Nov. lemnade för K och Mg ²⁾ så godt som alldeles samma resultat. Cotyledonerna voro ännu då plantorna började sjukna fullproppade med stärkelse; endast de yttre cell-lagren i ytorna visade någon minskning, som tydde på förbrukning. I *stjelkens nedre del* var det plasmatiske innehållet i cellerna kraftigt utveckladt och kärnorna af normal storlek; stärkelse förekom här och der i bark och märg, ehuru sparsamt (hos Mg något mera ojemt än hos K), mest på de ställen, der de mot slutet af plantans lefnad uppträdande små bigrenarne utgingo. Någon förändring inträdde ej förrän ungefär vid stjelkens midt, der dess diameter så hastigt (se sid. 21) aftog. Härifrån blef plasma-innehållet mycket magert och cellväggarne slaka och sammanfallande; all stärkelse försvann. — I bladen förefanns alls ingen stärkelse utanför klorofyllkornen; dessa senare hade emellertid ungefär sin normala utveckling och företedde på somliga ställen rikliga stärkelseinneslutningar. — Roten framvisade samma bild som stjelken. Sparsam stärkelse uppträdde i dess öfre del, mest på de ställen (hos K), der birötter utgingo; längre ned försvann densamma alldeles.

Vid kulturer på lösningar af kaliumsalter visa sig alltså samma fenomen som vid dylika på lösningar af magnesiumsalter, hvad ångår såväl plantornas yttre förhållanden under växandet ³⁾ som deras inre förhållanden. Den skadliga verkan, dessa båda slag af salter utöfva, torde således vara af samma art — ett förhållande, som, såsom förut är påpekadt, omöjliggör Loews teori.

Genomgå vi ännu en gång förloppet af kali- och magnesia-plantornas utveckling, så finna vi följande såsom det mest karakteristiska deri: under det allra första skedet af sitt lif är plantan stadd i kraftig tillväxt, kraftigare än en plantas i aqua destillata. Förklaringen ligger deri, att plantan utom kalium- eller magnesiumsalter nu har tillgång till de kalksalter, som finnas aflagrade i fröet. Denna kraftiga till-

¹⁾ Att det skadliga inflytandet synes störst i mörker beror möjligen endast derpå, att etiolerade plantor, som bekant, hafva en starkare längdtillväxt än ljusplantor.

²⁾ Angående förkortningarne se sid. 20.

³⁾ Med undantag af fenomenen i rotsystemet.

växt aftager emellertid snart, och ett stillastående inträder. Calcium-salterna äro nu förbrukade, och kalium- och magnesium-salterna börja ensamma utöfva sin verkan, som i växtens inre visar sig deri, att den vidare stärkelsetransporten från fröet upphör. (Skulden till denna senare företeelse kan icke ligga hos blotta frånyaron af calciumsalter, då, såsom jag i förra kapitlet visat, hos en aqua destillata-planta stärkelsetransporten fortfar). Den öfre svagt utvecklade delen af stjelken, som bildats sedan calcium-salterna (åtminstone till största delen) inställt sina funktioner, vissnar nu bort, och samtidigt uppkomma från stjelkbasen de förut nämnda små bigrenarne. Antagas får väl härvidlag, att stjelkens öfre del dock innehållit en ringa mängd calciumsalter, som vid bortdöendet vandrar ned i de nedre delarne och der förorsakar ny livsverksamhet.

Den första tydligt synliga följden af kalium- och magnesium-salternas verksamhet är alltså stärkelsetransportens upphörande. Det ligger nu nära till hands att antaga, att de ifrågavarande salternas skadlighet helt enkelt beror derpå, att de utöfva ett nedsättande inflytande på eller omöjliggöra *enzymernas* arbete. Några undersökningar af NASSE (Pflügers Archiv für Physiol., 1875, Bd 11, sid. 138) synas tala för en sådan hypotes. Nämde forskare har undersökt inverkan af salter m. fl. ämnen på enzymotiska processer och dervid funnit bl. a., att *alkalisalter* (magnesium-salter äro ej pröfvade i undersökningen, ej heller calciumsalter) utöfva en betydligt nedsättande verkan på den *diastatiska* m. fl. processer. För särskildt *kaliumoxalat* har helt nyligen (1896) PERCY GROOM (28) konstaterat samma verkan ¹⁾. Och sistnämde författares publikation, hvilken jag först sedan denna min redogörelse var nästan färdig erhöill kunskap om, blir genom sitt öfriga innehåll ganska bevisande för ofvan gjorda hypotes, liksom den äfven i ett annat förut berördt hänseende är af stort intresse. GROOM har nemligen, utom det att han pröfvat den direkta inverkan af kaliumoxalat på en lösning af diastas, äfven företagit kulturer i utspädda lösningar af kaliumoxalat. Han har odlat vattenväxter: *Elodea canadensis* och *Callitriche* sp. nedsänkta i en sådan lösning, och de symptom, han beskriver såsom här framträdande, äro alldeles identiska med dem, hvilka jag förut beskrifvit såsom uppkommande vid kulturer på andra kaliumsalter och på magnesiumsalter. Intet nytt symptom har tillkommit. Alldeles så som kaliumoxalat verka alltså öfriga kaliumsalter samt magnesiumsalter.

Denna förklaring, att vägen, på hvilken det skadliga inflytandet går fram, leder öfver enzymerna ²⁾, torde åtminstone vara den enklaste, som står till buds. Och om kalium- och magnesium-salter äro skadliga för enzymerna, så kunna de möjligen äfven (i lösningar af starkare koncentration) vara det för de organiserade protein-

¹⁾ Äfven DETMER har förut med afs. på detta senare salt kommit till liknande resultat.

²⁾ Det är möjligt, att kalium- och magnesium-salter nedsätta icke blott diastasens verksamhet, utan äfven de peptoniserande enzymernas. STOCK (Ein Beitrag zur Kenntnis der Proteinkrystalle, Dissert., Breslau 1892) uppgifver nemligen, att hos växter på calciumfria näringslösningar förekommer ett abnormalt hopande af proteinkrystaller. Detta kan dock vara en sekundär företeelse.

ämnen, som sammansätta cellkärnor och kloroplaster. Enzymerna anses ju af många vara nära afkomlingar af dessa proteinämnen. LOEWS iakttagelser skulle på detta sätt blifva förklarade. — Öfver kalkens märkvärdiga förmåga att förhindra en verkan, som den i fråga torde det vara alltför vanskligt att här göra något försök till förklaring ¹⁾. Och att för öfrigt med vår mycket ofullständiga kännedom om sammansättningen hos växtens intimare, lifsbärande substanser fortsätta i hypoteser i denna riktning, torde ännu vara att spekulera «in's Blau».

Så mycket står dock slutligen fast, för att ännu en gång upprepa det: 1. Att såväl kalium- som magnesium-salter vid frånvaro af calciumsalter äro öfvervägande skadliga för de högre växterna. 2. Att bådas skadliga verkan synes vara af samma art. 3. Att den första tydliga följden af denna verkan är stärkelse-transportens upphörande i växten.

Att kunskapen särskildt om *kaliumsalternas skadlighet under vissa förhållanden* i mångt och mycket måste förändra våra begrepp i hithörande frågor, hafva vi redan sett i kapitlet om calcium. — På det praktiska området finna äfven först nu en del gjorda observationer sin tillfredsställande förklaring. Det har nemligen vid olika tillfällen inträffat, att på en åker gödsling af enbart kalisalter, i stället för att verka gynnsamt, tvärtom haft ett försämrande inflytande på skördarna. Uppgifterna härom hafva ofta betvivlats; der detta icke skett, har man vanligen nöjt sig med att tala om motsägelse mellan teori och praktik. (Se t. ex. SACHSE, *Agricultur-chemie*, kap. «Die Düngung mit Kalisalzen», sid. 606—619).

Jag har i det föregående omnämnt, att temperaturen under de sist beskrifna försökens gång vid växtstället sällan höjt sig öfver 20 °C. Omgifningens värmegrad har nemligen ett ovanligt inflytande vid kulturer under dessa former. Då jag under några af de varmaste dagarne af sommaren (i slutet af Juni och början af Juli), under hvilka temperaturen i det lilla växthus, der plantorna utvecklade sig, om

¹⁾ Enligt GRÜSS («Die Diastase im Pflanzenkörper», Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch., 1895) och EFFRONT (*Comptes rendus* t. CXV, 1892, p. 1324) verka calciumsulfat och calciumfosfat derhän, att deras närvaro åstadkommer en stegring af enzymernas stärkelseupplösande förmåga. Likväl kan det icke vara tal om att helt enkelt förklara de ifrågavarande fenomenen så, att calciumsalter skulle ega ett lika förstärkande inflytande på enzymernas arbete som kalium- och magnesium-salter ett försvagande, och att förstnämnda slags salter på denna grund skulle *neutralisera* de sistnämndas skadliga verkan. Fastmera framgår bl. a. af de af mig sid. 28 beskrifna kulturerna, huruom kalium- och magnesium-salter vid närvaro af calciumsalter *icke alls utöfva någon verkan på enzymerna*. Calciumsalterna måste alltså tänkas förändra *arten* af kalium- och magnesium-saltarnas verksamhet (icke blott till *graden* förminska deras verkan), hvilket gör ifrågavarande förhållanden mera svårförklarliga.

Emellertid torde just undersökningar öfver inflytandet på enzymlösningar af calcium-, kalium- och magnesiumsalter, (hvar för sig och på olika sätt kombinerade) komma att sprida ljus i denna fråga. Sådana undersökningar äro af mig påbörjade.

dagen höll sig mellan 30—35 °C., företog några med de beskrifna alldeles likartade kulturer, möttes jag af ett oväntadt resultat. Af individerna (*Vicia*- och majsplanter) på saltlösningarne (konc. var af kaliumsulfatet 0,06 %, af magnesiumsulfatet 0,03 %, hvilka koncentrationer ungefär motsvara dem, med hvilka dessa salter vanligen ingå i en fullständig näringslösning) trufdes de på den kaliumsulfat innehållande under hela sin lifstid vida bättre än de på aqua destillata och de på den magnesiumsulfat-haltiga åtminstone lika bra. Till detta faktum syntes visserligen den förnämsta orsaken vara denna: Det försprång, som K och Mg ¹⁾ under första perioden af sin utveckling, då de hafva tillgång till fröets calciumsalter, alltid förskaffa sig framför aq ¹⁾, hade här till följd af den genom den höga temperaturen betingade ökningen i växandets hastighet under denna period blifvit så stort, att aq icke under den senare delen af sin lefnad förmådde inhemta det. (Det förminskades dock under denna tid betydligt). Men deraf, att de förut beskrifna symptomen: stärkelsetransportens upphörande o. s. v. hos saltplantorna här icke ens mot slutet af deras lif så tydligt kunde iakttagas, samt deraf, att dessa kulturer visade ett liknande utseende (bladytorna voro större o. s. v.) med de plantor, hvilka jag sedermera odlat på lösningar af kalium-, resp. magnesiumsalter *i förening med calciumsalter* (se sid. 30 och följ.), torde likväl såsom slutsatser få dragas, att dels den *skadliga* verksamheten af kalium- och magnesium-salterna under dessa omständigheter åtminstone var försvagad, dels dessa salters *nyttiga* verksamhet här börjat göra sig gällande.

Anmärkas bör äfven, såsom beroende på samma förhållanden, att en samtidig kultur på en 0,1 procentig lösning af kalknitrat icke heller visade en så betydlig öfvervigt öfver aqua-destillata-plantor, som förut konstaterats vid lägre temperatur.

Förut har af DÉHERAIN ²⁾, enligt hvad SCHIMPER meddelar, gjorts en härmed sammanställande iakttagelse. Den förre fann, att högre temperatur hade samma verkan som calciumsalter. De närmare omständigheter, under hvilka de hithörande försöken utförts, meddelas icke af SCHIMPER. I all sin vidd kan väl emellertid icke denna sats vara giltig. LOEW förklarar DÉHERAINS iakttagelse sålunda, att vid den höga temperaturen en del svårösliga calciumsalter göras lösliga och bringas i verksamhet. Häruti torde väl också den förnämsta orsaken ligga till denna verkan af den högre värmegraden. Dock har denna äfven i och för sig, som vi veta, den verkan på *enzymerna*, att deras arbete blir lifligare; optimaltemperaturen för detta arbete ligger ju i allmänhet högt (för t. ex. diastas vid ung. 65 °C.). Sannolikt medverka väl båda omständigheterna till att åstadkomma den iakttagna effekten.

En tid efter de nyssnämnda försökens slut företogos nya sådana (af *Vicia sativa*) i på samma sätt sammansatta lösningar. Dagarne voro nu något mindre varma; temp. höll sig i växthuset mellan 25—30 °C. Vid denna värmegrad blefvo slutligen K och Mg något, ehuru obetydligt, underlägsna aq, dessa senare återigen

¹⁾ Ang. dessa förkortningar se sid. 20.

²⁾ Hvars arbete, «Nutrition de la plante», jag ej lyckats erhålla.

tydligare underlägsna Ca. Stjelkens längd mättes och friskvigten bestämdes af 10 ind. från hvardera kulturen, hvarvid fanns:

Stjelklängd af en ind. (medeltal af 10) af	Ca	25,9 cm
» » » » » »	aq	20,5 cm
» » » » » »	K	18,3 cm
» » » » » »	Mg	14,4 cm

Friskvigten utgjorde:

Af 10 ex. af	Ca	10,23 g.
» » » » » »	aq	8,13 g.
» » » » » »	K	7,90 g.
» » » » » »	Mg	6,80 g.

Åtskilliga kontrollkulturer, som sedermera företagits, hafva visat samma förhållanden som de ofvan relaterade.

Till de sid. 25 erhållna resultaten kunna vi alltså lägga följande: **Högre temperatur** synes kunna till en viss grad motverka bristen på calciumsalter och, hvilket står i sammanhang härmed, försvaga det skadliga inflytandet af kalium- och magnesium-salter. Sannolikt ernås detta till största delen derigenom, att vid den högre temp. vissa svårslösliga calciumsalter lösas och göras verksamma, men äfven derigenom, att den höga värmegraden själf gör enzymernas arbete lifligare. För *Vicia sativa* bör temp. öfverstiga 30 °C., för såvidt den skall kunna hindra den skadliga verkan af kalium- och magnesium-salter från att visa sig i det yttre under plantornas i den ofullständiga näringslösningen relativt korta lifstid.

Under de vanliga förhållanden, hvilka förekomma vid växtens lif i naturen, äfvensom vid kulturer på fullständiga näringslösningar, eller, med andra ord, så snart calciumsalter finnas att tillgå jemte kalium- och magnesium-salter, visa sig emellertid som bekant dessa senare utveckla nyttiga egenskaper och vara oumbärliga för växtens ernående af normal utveckling. Vår kunskap om de funktioner, som härvid utföras af de ifrågakörande salterna, är likväl mycket ofullständig och osäker. I inledningen hafva omnämnts de skiljaktiga resultat angående *kaliums* rol i växten, hvilka NOBBE (9) och LÜPKE (17) erhållit. Båda hafva, i det de vid sina kulturer användt den analytiska metoden, undersökt, hvilka företeelser som uppkomma i växten, då kalium saknas bland näringsämnen. Den förre anser orsaken till de kaliumfria plantornas förtidiga död ligga i *assimilationens upphörande*, den senare deremot *«in der allmählichen Stockung aller vegetativen Funktionen»* ¹⁾. — Hvad

¹⁾ LÜPKE har endast haft en enda individ (af *Phaseolus multiflorus* el. *Ph. vulgaris*) i hvarje kultur. Huru många serier kulturer, som gjorts, nämnes icke. Äfven i öfrigt synes hans försök vara såväl anställda som uttydda med betydligt mindre kritik än NOBBES.

magnesium beträffar, synas de resultat, som för denna metall erhållits, icke besitta någon större grad af säkerhet.

Vid försöken att utröna kaliums och magnesiums nyttiga funktioner syntes det mig vara nödvändigt att först bestämma gränserna för det område, inom hvilket man behöfver söka, och göra dessa gränser så trånga som möjligt.

Till en början torde det därför vara lämpligt att försöka afgöra följande fråga:

Spela kalium och magnesium en nyttig rol endast i och för assimilationen, eller hafva de också sin betydelse för transporten och omvandlingen af den redan färdiga näringen?

Jag har företagit flera kulturserier för att få denna fråga besvarad. På trenne slags lösningar, af hvilka

A innehöll 0,1 % *calciumsulfat*

B » 0,1 % *calciumsulfat* och 0,06 % *kaliumsulfat*

C » 0,1 % *calciumsulfat* och 0,03 % *magnesiumsulfat*

har jag i mörker kultiverat groddplantor af *Vicia sativa*. I samtliga serierna erhöles samma resultat.

Under intet skede af tillväxt-tiden kunde någon skilnad i storlek eller utseende med ögat upptäckas mellan kulturerna på de tre olika lösningarne. Äfven rötterna befunno sig i alldeles lika tillstånd. Plantornas utveckling fortfor, till dess all reservnäring i cotyledonerna var förbrukad, hvarefter de samtidigt började aftyna. Förvissningen försiggick, såsom alltid på calcium-haltiga lösningar, nedifrån—uppåt. Efter 24—30 dagar (strax före aftynandets början) gjordes mätningar och bestämdes friskvigten. Af de fyra serier, med hvilka sådant företogs, erhöles följande resultat:

	I	II	III	IV	Medeltal
	cm	cm	cm	cm	cm
Stjelklängd af en ind. (medeltal af 10 st.) från <i>A</i>	31,9	— 33,9	— 28,4	— 30,3	— 31,1
» » » » » » <i>B</i>	32,2	— 32,4	— 27,1	— 29,4	— 30,0
» » » » » » <i>C</i>	30,8	— 32,7	— 26,9	— 31,0	— 30,4

	I	II	III	IV	Medeltal.
	gram	gram	gram	gram	gram
Friskvigten af 10 ex. från <i>A</i>	8,80	— 8,96	— 8,01	— 8,22	— 8,49
» » » » » <i>B</i>	8,81	— 9,30	— 8,46	— 7,98	— 8,64
» » » » » <i>C</i>	8,14	— 9,34	— 7,90	— 8,28	— 8,42

Såsom dessa siffror visa, kunde någon skilnad till verkningssätt eller verkningsgrad mellan de tre olika lösningarne icke genom mätning eller vägning konstateras. Icke heller vid mikroskopisk undersökning kunde någon konstitutionell olikhet upptäckas mellan plantor från de olika lösningarne. *Kalium- och magnesiumsalter äro sålunda bredvid calciumsalter utan inflytande på groddplantor, som uppdragas i mörker*¹⁾.

¹⁾ En invändning skulle kanhända kunna göras emot, att denna slutsats drages ur de beskrifna kulturförsöken — den nemligen, att redan den i fröet förefintliga mängden af kalium- och

Häraf framgår: att kalium- och magnesium-salter (då de förefinnas jemte calciumsalter) äro betydelselösa för transporten och omvandlingen af den färdigbildade näringen ¹⁾.

RAUMERS (14) förmodan, att *magnesium* skulle spela en rol vid stärkelsens transport, är sålunda oriktig. Äfven den gamla meningen, att *kalium* har en likartad betydelse, hvilken åsigt uppstälts, emedan salter af denna metall anträffas i sällskap med stärkelsen på dennas vandringar, och vid hvilken det vanligen fasthålles äfven i nyare handböcker, får bortfalla. Det torde för öfrigt i allmänhet vara skäl att endast med en viss försigtighet draga slutsatser från mineralbeständsdelarnes vandringar och förekomst i olika växtdelar, då de förhållanden, som förekomma i samband dermed, äro mer än eljes mångtydiga.

Endast inom assimilations-företeelsernas område hafva vi alltså att söka efter de nyttiga funktioner, som i de högre växterna tillkomma kalium och magnesium. För att komma målet närmare har jag företagit talrika kulturförsök i ljus med användande af på olika sätt sammansatta näringslösningar. Följande den syntetiska metoden har jag med kulturer på lösningar af calciumsalter och på aqua destillata jemfört²⁾ dylika, som odlats på lösningar, innehållande salter af calcium och magnesium, af calcium och kalium, af kalium och magnesium och slutligen alla de nödvändiga mineralbeständsdelarne ³⁾. I de ofullständiga näringsvätskorna har jag äfven, hvad syrorna beträffar, varierat salterna af kalium resp. magnesium för att utröna, huruvida dessa metaller visa olika verkningsgrad, då de äro bundna vid olika syror.

Jag lemnar här först en jemförelse mellan å ena sidan groddplantor (af *Vicia sativa*), som uppdragits på lösningar af calcium- och kalium-sulfat, resp. calcium-

magnesium-salter kunde tänkas vara nog för plantans behof under dess i mörker relativt korta lifstid, och att på denna grund ökad tillförsel skulle vara utan betydelse. I sjelfva verket innehålla ju särskildt frön af *Vicia sativa* en ovanligt stor mängd af kalium- och magnesium-salter. Att en sådan invändning emellertid icke har skäl för sig, framgår deraf, att vid kulturer i *ljus* närvaron af kalium- och magnesium-salter (bredvid calciumsalter) i en kulturvätska redan på ett mycket tidigt stadium ger sig tillkänna genom ökad tillväxt hos de på vätskan odlade plantorna (se förut sid. 20 och följ. och längre fram sid. 30).

¹⁾ En kultur af *Vicia sativa* i mörker på fullständig näringslösning visade ej heller något som helst öfverskott i mått eller vikt öfver en kultur på 0,1 procentig calciumnitrat-lösning; hvadan alltså, då alla de nödvändiga mineralbeständsdelarne finnas närvarande, calcium ensamt (af såväl syror som baser) har betydelse för näringens transport och omsättning. — Angående den omständigheten, att *klor* i vissa fall kan hafva en sådan betydelse (för transporten), se NOBBE (9).

²⁾ I början af denna uppsats yttrades vid jemförelsen af olika metoders användbarhet, huru som verknings sättet på växten hos en bas i hög grad kan betingas af närvaron eller frånvaron af andra baser. Riktigheten af detta påstående kan nu inses. Taga vi som exempel kali eller magnesia, så hafva vi sett, huru dessas verkan är i så hög grad beroende af närvaron eller frånvaron af kalk, att närvaron af denna senare bas förändrar deras inflytande från skada till nytta. — Likaledes inses nu lätt, hvarför den analytiska metoden (att sluta till funktionerna hos en bas från de verkningar, som frånvaron af densamma åstadkommer) är mindre lämplig. Försökte vi t. ex. utröna kalkens funktioner genom att studera verkan af dess uteslutande från en fullständig näringslösning, så skulle vi tydligen på grund af de kvarvarande basernas nu inträdande skadlighet erhålla en i viss mån oriktig bild af dessa funktioner.

och magnesium-sulfat, och å andra sidan samma slags plantor, odlade på lösningar, innehållande endast calciumsulfat, och på fullständiga näringslösningar.

Flera serier af dylika kulturer hafva utförts. De ofullständiga näringslösningarnes koncentrationer hafva i allmänhet varit desamma som vid de förut beskrifna mörker-kulturerna. De hafva sålunda vanligen innehållit:

- Lösning A 0,1 % calciumsulfat
 » B 0,1 % calciumsulfat och 0,06 % kaliumsulfat
 » C 0,1 % calciumsulfat och 0,03 % magn.-sulfat

Dock har jag i en serie ökat halten af calciumsulfat i lösningen A till 0,12 % och samtidigt minskat den i B och C till 0,06 % och 0,09 % resp., så att den absoluta salthalten i alla tre lösningarna blifva lika, eller 0,12 %. Denna kulturserie gaf emellertid ungefär samma resultat som de öfriga.

Den fullständiga näringslösning, jag användt, har innehållit:

- 0,1 % calciumnitrat
 0,025 % klorkalium
 0,025 % magnesiumsulfat
 0,025 % kaliumfosfat

hvar till vid användningen satts några droppar jernklorid-lösning.

Angående plantornas exterieur under växandet är följande att nämna:

Individerna på de endast calciumsulfat innehållande lösningarna likna dem, som förut beskrifvits från dylika lösningar i mörker. De äro sålunda af en spenslig, slankig växt, och deras stjelkar äro nästan fullständigt ogrenade. Bladen, hvilkas gröna färg vanligen är något matt, förlora ofta långt före bortdöendet denna färg och blifva gula. Då plantorna vissna, sker detta, såsom ofta nämts, nedifrån-uppåt.

Exemplaren från lösningarna af calcium- och kalium-sulfat samt af calcium och magnesium-sulfat förete en annan, men *sinsemellan nästan alldeles lika*, habitus. Plantorna utmärka sig här genom en betydligt gröfre och grenigare växt. Redan under första veckan visa de sig öfverlägsna Ca¹⁾ och skilnaden blir alltjemt större. Stjelkarne, ehuru obetydligt längre än de hos Ca, blifva deremot ungefär *dubbelt gröfre* och bilda tårika förgreningar; *bladen* blifva (i förhållande till plantornas storlek) mycket *större och kraftigare* samt *djupare gröna* och behålla vanligen denna friska grönska, till dess de borttorka. Äfven rötterna ernå med tiden en bättre utveckling än hos Ca. Lifstiden för individerna är åtskilligt längre än för Ca (för Ca + K ofta något längre än för Ca + Mg), och förvissningen försiggår mera oregelbundet.

Dessa plantors nu framhållna olikhet med Ca har i alla de af mig utförda kulturerna framträdt med otvetydig tydlighet. Egendomligt är, att individerna från den kalium-haltiga och den magnesium-haltiga lösningen visa ungefär samma yttre habitus. Likvisst har det ibland synts, som om bladen från Ca + Mg visat en

¹⁾ Förkortningen Ca har sin gamla betydelse. Dessutom tillåter jag mig använda beteckningarna:

Ca + K för plantorna på lösn. af calcium- och kaliumsulfat
 Ca + Mg » » » » » calcium- och magn.-sulfat.

kraftigare grön färg än motsvarande från Ca + K; men denna iakttagelse kan dock icke anses säker.

Exemplaren från den fullständiga näringslösningen förete ungefär samma typ som Ca + Mg och Ca + K, men äro till alla delar något större än dessa.

Ca lefde, innan de *började* förvissna, omkring en månad (dessa kulturer företogs April—Juli), Ca + Mg och Ca + K 14—30 dagar längre.

Jag anför här mätningar och vägningar från tre serier kulturer, företagna under olika tider. Den första serien var, då bestämningarna gjordes, 30 dagar gammal, de båda öfriga 27 resp. 28 dagar.

		I 20/4—20/5	II Juni	III Juli
Stjelklängd af en indiv. (medeltal af 10) af	Ca	18,5 cm	25,0 cm	25,2 cm
» » » » »	Ca + K	21,0 »	26,3 »	26,5 »
» » » » »	Ca + Mg	20,0 »	26,0 »	26,6 »
» » » » »	från fullst. näringslösn.	22,5 »	27,4 »	28,2 »
Friskvigt af 10 indiv.	af Ca	8,85 g.	9,74 g.	10,87 g.
» » » » »	» Ca + K	10,56 »	11,43 »	12,63 »
» » » » »	» Ca + Mg	10,41 »	11,39 »	12,62 »
» » » » »	från fullst. näringslösn.	11,76 »	12,68 »	13,44 »

Som synes, differera stjelklängderna obetydligt, friskvigterna deremot ganska betydligt.

Mera värda än dessa siffror torde emellertid *de* vara, som angifva mängden producerad organisk substans hos individerna från de olika kulturerna. Jag anför därför från serierna I och II vigten af torrsubstansen minus askan.

		I	II
Organisk substans hos 10 indiv. af	Ca ¹⁾	1,050 g.	1,041 g.
» » » » »	Ca + K	1,393 »	1,400 »
» » » » »	Ca + Mg	1,372 »	1,369 »
» » » » »	från fullst. när.-lösn.	1,815 »	1,846 »

Mängden *producerad* organisk subst. utgjorde alltså:

		I	II
hos 10 ind.	af Ca + K	0,343 g.	0,359 g.
»	Ca + Mg	0,322 »	0,328 »
»	från fullst. näringslösn.	0,765 »	0,805 » ²⁾

¹⁾ Enligt af mig senare utförda analyser innehålla «Ca» ej mera organisk substans än individer från aqua destillata; hvilket ju äfven var att vänta af hvad vi förut veta om calcium.

²⁾ Dessa tal äro tydligen, strängt taget, något för låga, enär naturligtvis «Ca» (och så äfven «aq») åtminstone i början af sin lefnad kunnat assimilera, om än obetydligt, med tillhjelp af de i fröet befintliga kalium- och magnesium-salterna.

Siffrorna för $Ca + K$ äro i så måtto af intresse, som de visa, att NOBBES sats: «Ohne Kalium können die Pflanzen nicht assimiliren» åtminstone *icke* får fattas så, som skulle af mineralbeståndsdelarne *kalium ensam vara tillräcklig* för åstadkommandet af en normal assimilation.

Siffrorna för $Ca + Mg$ öfverensstämman emellertid i hvad fall som helst icke med denna sats. Tio *utan kalium uppdagna plantor* hafva här assimilerat i ena fallet 0,322 g., i andra fallet 0,328 g. organisk substans eller ungefär *lika mycket som de med kalium, men utan magnesium uppdagna* och nära nog hälften af hvad de på fullständig näringslösning åstadkommit ¹⁾.

Då NOBBE säger, att växter på kaliumfri, men eljes fullständig, näringslösning icke visa någon vigttillökning, menar han emellertid säkerligen, att de icke väga (något vidare) mera än de frön, ur hvilka de uppvuxit. Detta är ungefär riktigt äfven för de af mig ofvan beskrifna kulturerna. Vid bestämning af den organiska substansen i Vicia-frön af samma slag som de vid kulturerna använda, visade sig 10 st. ²⁾ innehålla 1,233 g. sådan substans. Jemför man härmed motsvarande mängder hos $Ca + Mg$: 1,372 g. och 1,369 g., visar sig skilnaden icke vara vidare betydlig ³⁾.

Tydligt är likväl, att man för att få en riktig bild af hvad kalium och magnesium uträtta i växten måste jemföra de på kalium- resp. magnesium-haltiga lösningar odlade individerna med sådana, som uppvuxit på lösningar af enahanda sammansättning utom i det afseendet, att kalium resp. magnesium är borta, d. v. s. i förevarande fall lösningar, som blott innehålla calciumsalter.

Ur de resultat, vi här erhållit, draga vi redan nu såsom slutsats, att **såväl kalium som magnesium medverka vid kolsyre-assimilationen**. Hvar för sig är ingendera af dem tillräcklig för åstadkommande af en normal assimilation; bådas samtida närvaro är härvid nödvändig.

Den mikroskopiska undersökningen lemnade vid de nu omtalta kulturerna intet uppslag. Någon mera betecknande olikhet mellan de på de olika lösningarne uppvuxna individerna kunde icke på detta sätt påvisas. Icke ens med hänsyn till klorofyllkornens i cellerna antal eller storlek, i hvilka afseenden en variation ju var att vänta, har jag kunnat *med säkerhet* konstatera någon skilnad. — Stärkelseinneslutningar i klorofyllkornen voro (under dagen) naturligtvis minst till finnandes hos

¹⁾ LÜPKE har äfven visat, att kaliumfria plantor vid bestrålning med direkt solljus afskilja syre (påvisadt med fosfor, som gaf dinna).

²⁾ Vid bestämningen användes 100 stycken.

³⁾ NOBBE uppställer ofvan nämnda sats blott i den resumé, han till sist lemnar af sin afhandling, och utan att anföra några analyser, som kunde bevisa dess riktighet. Några kulturer på lösningar af blott calciumsalter har han icke företagit, och har han sålunda icke haft tillfälle till mera exakta jemförelser. Att han för öfrigt öfverhufvud för de på kaliumfri lösning uppdagna växternas vidkommande nöjt sig med en mycket ungefärlig uppskattning af förhållandena, visas deraf, att han på ett ställe säger: «In kalifreier, sonst vollständiger Nährstofflösung vegetirt die Pflanze wie in reinem Wasser» — hvilket, såsom alla de försök, jag beskrifvit, visa, är oriktigt.

Ca (så godt som inga), hos $Ca + K$ och $Ca + Mg$ mera och ung. lika, hos individerna från fullständig näringslösning mest.

De med de nyssnämnda likartade kulturer, vid hvilka jag i de ofullständiga näringslösningarna i stället för svafvelsyrade salter användt salpetersyrade, äfvensom de, der *både* svafvelsyrade och salpetersyrade salter förekommit, hafva lemnat samma resultat som de ofvan anförda. Proportionerna mellan de på olika sätt odlade individerna hafva blifvit desamma, och något nytt bidrag till hithörande frågers lösning har icke genom dessa försök framkommit. Jag har för öfrigt vid mina kulturförsök icke kunnat (såsom NOBBE) förmärka någon olikhet i verkningar hos olika salter af vare sig kalium eller magnesium (med det förut nämnda undantaget, att magnesiumnitrat vid frånvaro af kalksalter verkar mera förderfbringande på rötterna än öfriga magnesiumsalter). Att man äfven ur NOBBES försök icke med säkerhet kan sluta till en dylik olikhet i fråga om salter af kalium, har redan PFEFFER visat (Pflanzenphysiologie, I, sid. 258—259).

Med anledning af LOEWS teori för *magnesium*, att denna metall skulle förmedla fosforsyrans assimilation i växten, har jag äfven anställt försök för att utröna, huruvida näringslösningar, i hvilka fosforsyra förekommer, utöfva en kraftigare verkan, om de derjemte innehålla magnesium, än om de derjemte innehålla kalium. För detta ändamål har jag jmfört: dels två kulturer, hvilka odlats på lösningar af *blott* fosforsyrade salter, den ena innehållande sådana salter af *magnesium* och calcium, den andra af *kalium* och calcium, dels två kulturer på näringslösningar, som varit fullständiga med undantag deraf, att i den ena kalium, i den andra magnesium saknats. I båda fallen har emellertid relationen mellan de magnesiumhaltiga individerna och de kaliumhaltiga blifvit densamma som i de nyss relaterade försöken (d. v. s. «K» något litet bättre än «Mg»). Något stöd för det antagandet, att magnesiumfosfat lättare skulle assimileras än kaliumfosfat, har sålunda icke härigenom erhållits ¹⁾.

Till sist vill jag omnämna några kulturer, som företagits på lösningar, hvilka innehållit *både* kalium- och magnesiumsalter, men *icke* calciumsalter. De hafva jmförts med sådana kulturer, som förut äro beskrifna under benämningarne K, Mg och aq (se sid. 20).

De kalium- och magnesiumhaltiga lösningarna hafva vanligen innehållit 0,07 % kaliumsulfat och 0,04 % magnesiumsulfat.

Under den första fjerdedelen af sin lifslängd trifvas individerna på en dylik lösning betydligt bättre än de, som uppdragas på lösningar af endast ett af dessa salter, och komma i utveckling mycket nära plantor, som odlas på fullständig näringslösning. Hvad särskildt rötterna beträffar, äro de rätt kraftigt utvecklade,

¹⁾ Tydligt lemnas likväl dessa försök icke något säkert bevis för den fullständiga oriktigheten af LOEWS åsigt. Klart är emellertid, såväl af dessa som af förut omnämnda kulturer på kalium- och magnesiumhaltiga lösningar, att den af honom för magnesium ifrågasatta uppgiften icke kan vara en af denna metalls hufvudfunktioner. — LOEW har inga experiment till stöd för sitt antagande.

bättre än både hos Mg och K. Man skulle häraf kunna frestas att tro, att kalium och magnesium, ehuru de hvar för sig äro skadliga, tillsammans verka nyttigt. Tydligt har emellertid den starka tillväxten sin grund deri, att individerna i början af sin lefnad hafva tillgång till de kalksalter, som finnas aflagrade i fröna. Att så är förhållandet visas äfven af den senare utvecklingen. Sedan nämligen denna första fjerdedel af lifslängden är tillryggalagd, afstannar växandet i hufvudstjerkens spets temligen plötsligt; endast från stjerkens nedre del försiggår ännu tillväxt, i det derifrån talrika bigrenar utgå, hvilka med tiden gifva plantorna ett nästan buskartadt utseende. (Dessa nya skott äro emellertid kraftigt gröna, och plantorna i sin helhet blifva mera gröna och rikbladiga än öfriga kulturer på ofullständiga näringslösningar). Äfven rotens utveckling hämmas nu, och de birötter, som härefter uppkomma, hafva samma typ (äro knottriga, förkrympta) som förut iakttagits hos Mg. Såväl K som Mg gå under denna period förbi ifrågakommande plantor, och de senare börja förvissna några dagar förr än de förstnämnda.

K + Mg ¹⁾ förete således till sin yttre habitus samma typ som K och Mg, blott mera utpreglad. Tillsammans hafva också dessa metaller verkat skadligare än hvar för sig. Vid mätning af stjerk längden hos en serie af dessa kulturer strax före förvissnandets början erhöles (såsom medeltal af 10 ex. från hvardera kulturen) för en individ af K + Mg 11 cm, under det af K erhöles 15 cm, af Mg 15 cm och af aq 19 cm. Friskvigtan af 10 exemplar utgjorde af K + Mg 5,03, g., af K 5,59 g, af Mg 5,65 g och af aq 6,54 g ²⁾.

Vid den mikroskopiska undersökningen af K + Mg, hvilken äfven företogs strax före deras förvissnande, visade sig samma fenomen (ännu tydligare framträdande), som förut iakttagits hos K och Mg (se dessa!) *Men dessutom voro öfverallt klorofyllkornen öfverfyllda med stärkelse*, ehuru sådan för öfrigt hvarken i blad eller stam (utom stundom i silrören) kunde påvisas.

Dessa sista kulturer äro af intresse bl. a. emedan de (notabene vid jämförelse med de förut refererade kulturerna «K» och «Mg») visa, att *den assimilatoriska verksamheten hos kalium och magnesium icke är betingad af calciums närvaro* ³⁾. Genom de först nämnda metallernas andra förut berörda egenskap att (vid frånvaro af calcium) verka hämmande på stärkelsens lösande har emellertid bortförandet af assimilationsprodukterna här blifvit förhindrad, hvarigenom en stockning inträdt, som snart omöjliggjort vidare assimilation.

¹⁾ K + Mg betyder plantorna från lösn. af kalium- och magn.-sulfat.

²⁾ Den här använda varieteten af *Vicia sativa* var ungefär hälften mindre än den i förut beskrifna försök använda.

³⁾ BÖHM och SCHIMPER hafva förut konstaterat detsamma, att nämligen calcium är utan betydelse för assimilationen. Likaledes bestyrkes det af den af mig utförda, sid. 31, not 1 omnämnda analysen. Vore deremot LOEWS i förra kapitlet behandlade åsigt riktig, att calcium är en beståndsdel af kloroplasterna, skulle motsatsen varit att vänta.

Ytterligare undersökningar, hvilka jag ämnar företaga, kunna möjligen komma att afgöra, huru kalium och magnesium emellan sig fördela arbetet vid bildningen af organisk substans i växten, eller hvilka närmare bestämda funktioner, som härvid tillkomma hvardera af dem. Huruvida dessa metaller utom vid *kolsyre*-assimilationen äfven medverka *vid de ägghviteartade ämnenas bildning* ur organiskt material och salpetersyre- (samt svafvelsyre- och fosforsyre-) föreningar, är äfven oafgjordt, och torde med någon säkerhet endast genom kemiska undersökningar kunna konstateras. Skulle man vara böjd för att sluta till en medverkan i denna riktning från den omständigheten, att dessa metaller, under det de, som vi sett, endast ha betydelse för assimilationen, likväl äro nödvändiga för svamparne, i hvilka ju endast assimilation af ägghviteämnen försiggår, så skulle säkert en sådan slutsats vara oberättigad. Att nemligen från de fysiologiska förhållandena hos svampar och öfriga lägre växter inga slutsatser med säkerhet kunna dragas för de högre växternas vidkommande, får väl anses bevisadt, ehuru sådant stundom ännu förekommer. Den kedja af reaktioner, som utgör växtens lifsverksamhet, *måste* vara på annat sätt sammansatt hos de lägre växterna än hos de högre. Man tänke blott på det faktum, att *calcium*, om hvilken metall det vid de högre växterna, såsom vi sett, är till den fullaste evidens bevisadt, att den ej har betydelse för assimilationen, men deremot är nödvändig för den vidare behandlingen af den färdiga näringen, likväl är oundgänglig för vissa svampar och alger, — och vidare på det sedan länge bekanta förhållandet, att vissa svampar vid kväfve-assimilationen utgå från ammoniak-föreningar, under det de högre växterna härvid blott använda salpetersyreföreningar!

Huruvida slutligen kalium och magnesium äfven utföra *särskilda* funktioner på växtens senaste utvecklingsstadier, är något, som naturligtvis icke beröres genom kulturförsök, sådana som de af mig här relaterade. Vid mina fortsatta undersökningar skola emellertid experiment äfven anordnas på sådant sätt, att bidrag till lösandet af denna fråga kunna framkomma.

Kunna calcium, kalium och magnesium i de högre växterna ersättas af andra metaller?

LIEBIG, hvilken anses som den egentlige grundläggaren af läran om mineralbeståndsdelarnes nödvändighet för växten, var äfven (1840) den förste, som uppkastade den frågan, huruvida något eller några af de växtkroppen sammansättande elementen kunde substitueras af andra dem kemiskt närstående element. Åtskilliga undersökningar hafva sedermera företagits angående de metaller och metalloider, som äro i fråga, utan att man ännu kan sägas hafva kommit till full klarhet härutinnan. Hvad metalloiderna beträffar, synes visserligen möjligheten af substitution för dem vara utesluten. Det har icke lyckats någon experimentator att i växten ersätta *svafvel* med *selen*, *fosfor* med *arsenik*, *kol* med *kisel* o. s. v. För metallernas vidkommande har saken emellertid ställt sig mindre säker, i det de förefintliga uppgifterna angående de högre växterna delvis motsäga hvarandra ¹⁾. Några försök i denna riktning, som jag företagit, torde därför i korthet böra omnämnas.

De möjligheter för metallernas substitution, som erbjuda den största sannolikheten, ligga i utbytandet af:

kalium mot *rubidium*

magnesium mot *beryllium*

calcium mot *strontium*

Försök att ersätta *kalium* med *rubidium*, hvilka båda metaller i kemiskt hänseende kanske sinsemellan förete den minsta skilnaden bland de ofvan uppräknade, hafva förut gjorts af BERNER och LUCANUS (4) samt LOEW (11). Dessa hafva i en fullständig näringslösning utbytt kalium mot rubidium, och då plantorna på en sådan lösning utvecklade sig sämre än på den normala, förklara de ifrågavarande substitution icke utförbar. Huruvida ändock icke *något* af det, som i växten utträttas af kalium, äfven kan fullgöras af rubidium, har emellertid ingen af dem försökt utröna. Åtminstone LOEWS resultat utesluta dock icke möjligheten häraf. Det syntes mig därför af intresse att sjelf pröfva frågan och särskildt att afgöra, huruvida

¹⁾ För svamparnes räkning äro meningarne ännu mera delade. Här hafva olika experimentatorer kommit till rakt motsatta resultat, och för närvarande pågår en rätt liflig strid i denna fråga. (NÄGELI, WINOGRADSKY, LOEW, WEHMER, BENECKE, MOLISCH m. fl.).

rubidiumsalter, i likhet med kaliumsalter, då de förefinnas ensamma, äro skadliga för de högre växterna, samt, om en sådan skadlighet konstateras, huruvida den upphäfves eller förändras till nytta vid närvaro af calciumsalter.

Vid en jämförelse af en kultur (af *Vicia sativa*) på 0,06 procentig rubidiumsulfatlösning med en sådan på aqua destillata, visade sig rubidiumsaltet inverka skadligt. Dock är härvidlag att märka, att de yttre symptom, i hvilka denna skadlighet yttrade sig, ingalunda voro desamma som de, hvilka iakttogos vid kulturer på lösningar af kaliumsalter. Rubidiumplantorna började aftyna redan efter 17 dagar, under det de på aqua destillata höllo sig friska ungefär 10 dagar längre; sedan förvisnandet hos de förra en gång börjat, slaknade och vissnade fullständigt inom ett par dagar *hela plantan*; några nya sidoskott från stjelkens bas kunde aldrig iakttagas. Vi erinra oss till jämförelse härmed från redogörelsen för kulturerna på kaliumsulfatlösningar, hurusom plantorna på dessa senare lösningar (0,06 procentiga) hade en lifslängd, obetydligt kortare än eller ofta lika med de på aqua destillata; hurusom stjelkens nedre hälft under veckor efter det den öfre var förtorkad höll sig frisk och grön, och att härunder från nedersta delen friska sidoskott framsköt. — På rotbildningen visade rubidiumsaltet, äfvenledes i olikhet med kaliumsalt, ett betydligt försämrande inflytande.

Någon mikroskopisk undersökning af plantorna för att utröna, *hvilken* den verkan var, som rubidium utöfvade på lifsföreteelserna i växten, företogs icke; det syntes mig vara nog att hafva konstaterat, att rubidiums skadlighet i mycket skilde sig från kaliums.

Härefter jämfördes sinsemellan tvenne kulturer, den ena på en lösning af calciumsulfat (0,06 %) och rubidiumsulfat (0,04 %), den andra på en lösning af endast calciumsulfat (0,1 %). Det visade sig, att rubidiumsaltet bredvid calciumsaltet utöfvade ett nyttigt inflytande, ehuru icke på långt när i samma grad som kaliumsalt under samma förhållanden. Stjelklängd och friskvigt af plantor från båda kulturerna utgjorde:

	<i>Ca + Rb</i> ¹⁾	<i>Ca</i>
Stjelklängd af en ind. (medeltal af 10)	22,8 cm	— 20,8 cm
Friskvigt af 10 plantor	9,32 g.	— 8,79 g.

Hyad särskildt rötterna beträffar, är emellertid anmärkningsvärdt, att rubidiums skadliga verkan på dem icke i nämnvärd mån blifvit förminskad genom närvaro af calciumsaltet. Dessutom kan antecknas, att äfven här den yttre habitus i öfrigt hos rubidiumplantorna ganska betydligt afvek från de individers, som förut odlats på en lösning af *kalium-* och calciumsulfat.

Rubidiums verkan i växten sammanfaller alltså ingalunda fullständigt med kaliums, och att den förra metallen icke kan *totalt* ersätta den senare, torde därför vara säkert. Å andra sidan får väl det nyttiga inflytande, som rubidiumsalter visat

¹⁾ Förkortningen torde förstås utan förklaring.

sig utöfva (ehuru i mindre grad än kaliumsalter) vid närvaro af calciumsalter, anses bero derpå, att rubidium härvid öfvertagit *en del* af de funktioner, som eljes tillkomma kalium. Samtidigt tyckes emellertid den förra hafva behållit en del af sina skadliga egenskaper, hvilket bl. a. visar sig genom rotbildningens hämmande.

Den åsigten, att rubidium (endast) *delvis* kan ersätta kalium, synes sålunda vara den riktigaste.

Att *strontium* icke på långt när fullständigt kan ersätta *calcium*, visas af de af mig utförda kulturförsök, hvilka jag sid. 14 relaterat. Emellertid har LOEW (22) påvisat, att *strontium*-salter (ehuru i mindre grad än calcium-salter) *förmå upphäfva den skadliga verkan af magnesiumsalter på Spirogyra-celler*; hvilket sålunda bevisar, att äfven för strontium ett *delvis* öfvertagande af calciums funktioner är möjligt. Detta samma synas äfven HASSELHOFFS (27) förut omnämnda undersökningar tala för ¹⁾.

För att utröna, huruvida *beryllium* är i stånd att ersätta *magnesium*, igångsatte jag några kulturer efter samma schema som det vid rubidium följda. Då jag emellertid vid en efteråt företagen analys af det använda berylliumsulfatet fann, att detta var orent (ehuru det uppgifvits som puriss.), kan något afseende icke fästas vid de resultat, som ur dessa kulturer framgingo, och något nytt försök kom på grund af den sena årstiden ej till utförande.

En redogörelse för ett likartadt mycket belysande kulturförsök har emellertid redan lemnats af SESTINI (21). Denne uppdrog två afdelningar hveteplantor i ren kvartssand, hvarvid den ena afdelningen vattnades med en normal näringslösning, den andra med en sådan, der magnesiumsaltet var utbytt mot ett berylliumsalt. Båda afdelningarne buro slutligen mogna ax, men dock voro berylliumplantorna tydligt sämre än de normala plantorna. SESTINI drager häraf den slutsatsen, att visserligen en del af magnesiums funktioner, men icke alla, kunna öfvertagas af beryllium ²⁾.

Angående alla de tre nödvändiga metallerna: kalium, calcium och magnesium kunna vi alltså (sannolikt) göra det påståendet, att de väl icke fullständigt, men i vissa af sina funktioner kunna i de högre växterna ersättas af resp. rubidium, strontium och beryllium.

¹⁾ Se emellertid BENECKE (29), som kommit till motsatt resultat. — Vidare undersökningar skola företagas i denna fråga.

²⁾ Äfven här har emellertid BENECKE kommit till ett annat resultat.